

Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo



Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo

No. 15/2009

**El Impacto del Cambio Climático en Bolivia hasta 2100:
Estimación de los costos de eventos extremos sobre la
infraestructura pública y la producción agropecuaria**

por:

Juan Arenas

Diciembre 2009

Los opiniones expresados en la Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo son de los autores y no necesariamente reflejan los del Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo. Los derechos de autor pertenecen a los autores. Los documentos solamente pueden ser bajados para uso personal.



El Impacto del Cambio Climático en Bolivia: Estimación de los Costos de Eventos Climáticos Extremos sobre la Infraestructura Pública y la Producción Agropecuaria*

Por:

Juan C. Arenas

Primera versión: Diciembre de 2009

Esta versión: Marzo de 2010

* Este estudio forma parte del proyecto “Estudio Regional de Economía del Cambio Climático en Sudamérica” (ERECC-SA) coordinado por el CEPAL y auspiciado por el Banco Interamericano de Desarrollo, la cooperación británica y la cooperación danesa. El autor agradece los comentarios y sugerencias de Lykke Andersen en la elaboración del documento, así como el apoyo de Nashira Calvo en la elaboración de los mapas.



RESUMEN EJECUTIVO

En este estudio se analiza la relación entre los eventos extremos ocasionados por el cambio climático en Bolivia y la pérdida económica de la infraestructura productiva (carreteras, edificios, etcétera) y del sector agropecuario.

Las relaciones entre el cambio climático y los desastres naturales, y el probable efecto de estas sobre variables socioeconómicas, han generado un debate académico y científico que es relativamente reciente. Se puede esperar que el cambio climático se manifieste a través de lluvias torrenciales más fuertes, las que ocasionarán inundaciones más frecuentes y también más dañinas. Las inundaciones por los efectos de El Niño podrían ser más severas, consecuencia de un clima más cálido. En regiones con vulnerabilidad ante las inundaciones, las inundaciones se constituyen en una amenaza a tomar en cuenta con prioridad, y Bolivia tiene amplias regiones vulnerables.

Las inundaciones son los fenómenos climáticos extremos más frecuentes y que más daño causan en el país, por la frecuencia con la que se presentan y por los efectos sobre la población y la economía. Las inundaciones se presentan durante la época de lluvias, afectando a buena parte del país, principalmente en los llanos orientales. Los escenarios futuros de mayores precipitaciones a causa del cambio climático, implicarán que los daños económicos serán más frecuentes en las regiones con mayor vulnerabilidad hacia las inundaciones.

En el marco del Plan Nacional de Rehabilitación y Reconstrucción, se efectuó un relevamiento de la demanda de proyectos de rehabilitación y reconstrucción a nivel de las regiones afectadas por los eventos de El Niño y La Niña (2006-2008). Las inundaciones devastadoras causadas por estos eventos dejaron pérdidas económicas por 704 millones de dólares en la infraestructura pública, representando el sector de transportes el 73% de los eventos/daños a la infraestructura (daños a carreteras y caminos). Estas inundaciones dejaron también pérdidas económicas por 410 millones de dólares en la ganadería y la agricultura.

Utilizando la información sobre la precipitación diaria promedio observada, se ha establecido una relación entre precipitación y daño en infraestructura pública y producción agropecuaria por kilómetro cuadrado, en los departamentos de Santa Cruz y Beni. Tomando en cuenta además las estimaciones de precipitación que se tienen en los escenarios PRECIS A2 y B2, se identificaron para los departamentos de Santa Cruz y Beni aquellos períodos entre 2071 y 2100 en los que las condiciones de cambio climático van a originar situaciones de lluvias similares o superiores en magnitud a las que se dieron en el fenómeno de El Niño (tomado como referente de umbral de precipitación). Se establece que en niveles de precipitación ocasionados por el cambio climático entre 2071 y 2100, superiores a este umbral y por lo tanto significando episodios de lluvia fuertes, se experimentarán inundaciones que ocasionarán pérdidas económicas en las regiones.



Se estiman entonces los efectos sobre el PIB nacional, que hubieran tenido efecto bajo las precipitaciones proyectadas. Estos porcentajes estimados de PIB afectado por pérdidas en la infraestructura y en la producción agropecuaria, son aplicados posteriormente a la serie de datos estimados del PIB nacional entre los años 2071 y 2100, para obtener el daño económico cada año del período.

Un escenario sin cambio climático es construido para el período 2071-2100, utilizando los datos históricos de precipitación correspondientes al período 1961-1990. Para esto se toma a este período como representativo de una situación en la que no se experimentó el cambio climático, por lo que los datos históricos de precipitación esos años, también se toman como referentes de una situación sin cambio climático.

Siguiendo la misma metodología utilizada para estimar los costos económicos en infraestructura pública y en el sector agropecuario, bajo el efecto del cambio climático, se han estimado los costos económicos sin cambio climático.

La estimación del daño en millones de dólares, por efectos del cambio climático (a través de fuertes precipitaciones e inundaciones) en el escenario A2, indica que los daños en la infraestructura pública desde el año 2071 y hasta el año 2100, tendrán un costo económico de 93 mil millones de dólares¹, representando un promedio anual de 3.113 millones de dólares. La diferencia anual promedio entre los valores de la situación con cambio climático y la estimación sin cambio climático es de 1.019 millones de dólares, es decir que en promedio cada año entre 2071 y 2100 el costo incremental por efecto del cambio climático en el sector de infraestructura pública será de 1.019 millones de dólares.

Desde el año 2071 y hasta el año 2100, el costo económico por pérdidas agropecuarias tendrá un valor de 82 mil millones de dólares, representando un promedio anual de 2.726 millones de dólares. Acá la diferencia anual promedio entre los valores de la situación con cambio climático y sin cambio climático es de 1.158 millones de dólares, es decir que entre 2071 y 2100 el costo incremental promedio anual por efecto del cambio climático en el sector agropecuario será de 1.158 millones de dólares.

Las investigaciones futuras deben profundizar en el conocimiento de los impactos del cambio climático en el país. Es muy importante crear mecanismos de evaluación económica de los daños, no solamente en situaciones de grandes desastres, sino de los eventos “habituales” de origen natural que enfrenta constantemente el país. La capacidad de planificación y adaptación ante el cambio climático no debe aparecer solamente cuando se presenta un desastre, siendo necesario fortalecer (sino es crear) la capacidad de adaptación en el país.

¹ Todos valores económicos son medidos en dólares reales de 2007.



1. Introducción

La destrucción de infraestructura productiva (como carreteras, instalaciones de abastecimiento de agua, edificios educativos o de servicios de salud) implica la pérdida de inversiones costosas que en países como Bolivia, donde la falta de recursos económicos para la inversión es un problema permanente, ocasiona la paralización de las actividades económicas en las regiones afectadas.

Como se indica en Cardona (2001), la desaparición de infraestructura productiva retarda la actividad económica en general, afectando los niveles de ingreso y empleo de la población tanto de los sectores laborales formales, como entre los sectores que basan su subsistencia en esquemas informales. Para las poblaciones que permanentemente sufren desastres naturales, la pérdida de los medios de subsistencia a través del daño en la infraestructura productiva representa una obstaculización al desarrollo, ya que cada evento interrumpe la actividad normal y anula la posibilidad de mejorar estos medios de subsistencia ya que para reponer la infraestructura dañada se requiere invertir los pocos recursos existentes, a menudo en condiciones menos favorables que las que se tenían antes de ocurrir el evento.

Como señala un estudio de Jovel (1989), los efectos de los desastres naturales pueden ser analizados no solamente en términos humanitarios, sino también en términos sociales y económicos. Estos efectos pueden estar divididos en tres categorías principales: i) efectos directos sobre la propiedad en la población afectada por el desastre; ii) los efectos indirectos que resultan de la reducción en la producción y en la provisión de servicios; y iii) los efectos secundarios que pueden aparecer algún tiempo después del desastre: decrecimiento del crecimiento económico y del desarrollo, incremento en la inflación, problemas de balanza de pagos, incremento del gasto fiscal y del déficit, caída en las reservas monetarias, etc. Los efectos directos incluyen la pérdida de stock de capital y de inventarios, y en algunos casos de la producción.

Los desastres naturales tienen ciertamente efectos sobre el crecimiento a largo plazo. Para Popp (2006), las principales variables macroeconómicas que los desastres naturales afectan son la tecnología, la acumulación de capital humano, la acumulación de capital físico, y el stock de recursos naturales. Estas cuatro variables macroeconómicas ayudan a aumentar el crecimiento a largo plazo. Desastres relativamente leves que ocurren en un área pequeña en países grandes tienen poco efecto sobre el crecimiento a largo plazo en estos países, pero la misma catástrofe podría diezmar la economía de un país pequeño.

Popp (2006) también señala que los desastres naturales destruyen el capital físico y que el cambio en el stock de capital físico depende de la cantidad de inversión que se produce después de la catástrofe. Los países, si pueden, tratan de reparar y reconstruir el capital físico. La evidencia empírica mostraría que la relación entre los desastres naturales y la acumulación de capital físico es negativa.



De acuerdo a un estudio de Noy (2007), los desastres naturales tienen un impacto en el corto plazo negativo y estadísticamente observable sobre la macroeconomía. No sorprendentemente, los acontecimientos más costosos causan caídas más pronunciadas en la producción. Los países en desarrollo, y las economías más pequeñas, se enfrentan a mayores disminuciones en la producción después de un desastre de magnitud relativa similar a la de los países desarrollados o de economías más grandes. Los países con una tasa de alfabetización más alta, mejores instituciones, mayor ingreso per cápita, mayor grado de apertura al comercio, y mayores niveles de gasto público son más capaces de resistir el shock inicial de los desastres y de prevenir por lo tanto mayores efectos secundarios en la macroeconomía, sugiriendo que estos países (no siendo el caso de Bolivia), tienen una mayor capacidad para movilizar recursos hacia una reconstrucción post desastres.

Por otra parte para Freeman (1999), un vínculo claro entre los desastres naturales y la pobreza, se da a través de la infraestructura. Este vínculo puede ser descrito en al menos tres componentes: i) el acceso a infraestructura es a menudo una de las medidas de la pobreza; ii) la infraestructura es un elemento fundamental del crecimiento económico; y iii) la pérdida de infraestructura puede implicar efectos significativos de costo que impactan directamente en la pobreza.

El propósito de este documento es analizar la relación entre los desastres naturales ocasionados por el cambio climático en Bolivia y la pérdida económica de la infraestructura productiva (carreteras, edificios, etc.) y del sector agropecuario. Es necesario indicar que existen muchas incertidumbres asociadas a la modelación climática así como también a las estimaciones económicas, por lo cual se debe interpretar los resultados con mucha caución.

El resto del estudio está organizado en la siguiente manera. En la sección 2 se hace una breve descripción de la relación entre el cambio climático y los desastres naturales. Posteriormente se presenta una descripción de los eventos de desastres naturales sufridos por el país los últimos años, analizando el riesgo por vulnerabilidad a inundaciones en el país. En la Sección 4 se estima como los cambios climáticos para el período 2071-2100 (a través de la precipitación) podrían incidir sobre daños a la infraestructura pública del país, presentando detalladamente los pasos metodológicos que se siguieron. La Sección 5 muestra la estimación de costos con cambio climático sobre la producción agropecuaria. La Sección 6 presenta las estimaciones de daños tanto en la infraestructura pública como en la producción agropecuaria en un escenario sin cambio climático, mostrando los resultados de daño incremental por efecto del cambio climático. Finalmente, se proporcionan conclusiones y recomendaciones.



2. Cambio Climático y Desastres Naturales

Las relaciones entre el cambio climático y los desastres naturales, y el probable efecto de estas sobre variables socioeconómicas, han generado un debate académico y científico que es relativamente reciente. La literatura que aborda estos temas se ha incrementado en los recientes años, debido a la creciente preocupación sobre los efectos que el cambio climático tendrá sobre el bienestar de las personas.

El año 1999, MacDonald señalaba que no es conocido si la frecuencia y la intensidad de los eventos climáticos extremos aumentará o disminuirá en un mundo calentado. MacDonald indica que las escalas espaciales de los eventos más extremos son demasiado pequeñas para ser capturados en los modelos climáticos usados en ese tiempo. Sin embargo, afirma que sin duda, un pequeño aumento en la superficie de la temperatura de los océanos, dará lugar a mayor contenido de agua en la atmósfera, ya que la presión de vapor de agua se incrementa exponencialmente con la temperatura. Por lo tanto, es muy probable que al menos en algunas regiones del mundo se experimentarían mayores precipitaciones e inundaciones más frecuentes consecuencia de un mundo más cálido. Se indicaba también que puede ser cierto que el evento de El Niño se intensificará en el futuro y se hará más frecuente a medida que se calienta el océano.

Continuando con el análisis de Freeman (1999), él señalaba también hace 10 años, que las consecuencias y las causas del aumento de las temperaturas en el mundo son uno de los debates de política más importantes en el mundo científico. El aumento de absorción de humedad provoca el aumento de las precipitaciones en forma de inundaciones y tormentas, entonces estudiar las consecuencias del calentamiento global, tiene mayor sentido si se toma en cuenta el aumento que se experimenta en las tormentas e inundaciones. Básicamente un efecto del calentamiento mundial será el alterar los patrones de precipitación, aumentando la lluvia en algunos lugares.

Freeman y Warner (2001) afirmaron posteriormente en un estudio para el Banco Mundial, y con mayor seguridad que MacDonald, que dos impactos generales se pueden esperar del cambio climático: el aumento de la intensidad de los fenómenos climáticos extremos y los cambios en los patrones climáticos regionales. El cambio climático afectará a la infraestructura a través de cambios graduales en los patrones climáticos y por el aumento de la variabilidad de los fenómenos extremos. El cambio climático afectará a los patrones climáticos sobre amplias regiones y estos cambios impactarán sobre el desarrollo de infraestructura en los países más pobres.

El estudio advierte que el impacto de las pérdidas directas de las catástrofes impactará en forma significativa a los pobres. En algunas de las regiones del mundo más propensas al riesgo, el aumento de las pérdidas a causa de las catástrofes naturales podría negar la capacidad de desarrollo económico, al impedir la reducción del número de personas que viven en la pobreza. Un resultado inevitable del aumento de los daños a la infraestructura por el cambio climático



será, para los autores, el aumento dramático en los recursos necesarios para restaurar la infraestructura y ayudar a los pobres. Los pobres necesitan más recursos para absorber el impacto de las catástrofes, y al igual que los pobres son más dependientes de la infraestructura pública para mantener sus medios de subsistencia, se requiere más ayuda una vez que los daños a la infraestructura aumentan.

Eventos climatológicos extremos, como lluvias intensas, impactarán la infraestructura mediante el aumento de las inundaciones y por daños a través de deslizamientos. Freeman y Warner (2001) advierten que las inundaciones asociadas con los patrones meteorológicos de El Niño afectarán la infraestructura en las zonas de peligro (entre estas América Latina). Los ciclos de sequía y las inundaciones probablemente se intensificarán en muchas regiones, con un impacto potencial sobre la energía hidroeléctrica, los recursos hídricos y la infraestructura.

Kemfert (2005), muestra los efectos de los eventos climáticos extremos, basándose en las conclusiones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático 2001. En el caso de las precipitaciones extremas, existe una probabilidad muy alta de ocurrencia en el futuro, con un aumento de los daños causados por inundaciones, aludes y avalanchas, mayor erosión del suelo, mayor gasto de los Estados por pagos de indemnizaciones, y mayores riesgos para las compañías de seguros.

Las inundaciones y sequías por los efectos de El Niño, tienen también una probabilidad alta de ocurrencia en el futuro, ocasionando baja productividad agrícola en las zonas expuestas a la sequía y a las inundaciones, y con menores recursos de agua en las regiones afectadas por sequías.

Más recientemente, en un artículo del ScienceDaily se recalca que los modelos climáticos predijeron hace mucho que el calentamiento global aumentará la intensidad de eventos extremos de precipitación. Sin embargo, un nuevo estudio realizado en la Universidad de Miami y la Universidad de Reading (Reino Unido) produjo evidencia observacional para confirmar el vínculo entre un clima más cálido y tormentas más potentes².

El artículo mencionado indica que uno de los desafíos más graves a los que la humanidad se enfrentará en respuesta al calentamiento global es la adaptación a los cambios en los fenómenos meteorológicos extremos. Un tema de preocupación tiene que ver con las lluvias torrenciales, las que serán más frecuentes y más intensas en un clima más cálido debido al aumento de la humedad disponible para la condensación. Más eventos de lluvia intensa aumentan el riesgo de inundaciones y tendrán importantes repercusiones sociales y económicas.

Para entender cómo la precipitación responde en un clima más cálido, los investigadores utilizaron los cambios impulsados asociados con El Niño como un laboratorio para probar su hipótesis. Sobre la base de 20 años de observaciones satelitales, se encontró una relación distinta entre las lluvias tropicales extremas y la temperatura, con eventos de fuertes lluvias aumentando

² ScienceDaily. Agosto 2008.



durante los períodos cálidos y disminuyendo durante los períodos fríos. Los modelos han encontrado un aumento de las lluvias torrenciales en respuesta al calentamiento climático.

La extensión de los efectos adversos naturales está relacionada con la capacidad de movilizar fondos importantes para las reconstrucciones posteriores. Un reciente estudio de Cavallo (2009), demuestra que los países más pobres tenderán a sufrir más futuros desastres, y en estos países es poco probable que se puedan adoptar políticas fiscales contra-cíclicas que puedan pagar las reconstrucciones, implicando que esta limitación hará que las consecuencias adversas de los desastres sean más graves en los países en desarrollo más pobres. Se señala que existe evidencia de que las sequías y las inundaciones serán más frecuentes y más graves.

Cavallo cita un estudio de Hallegatte (2007), en el que se construyó un modelo dinámico de equilibrio general, que incluyó la posibilidad de desequilibrio durante períodos transitorios, y que incluye específicamente la aparición de eventos relacionados con condiciones climáticas extremas, mostrando que los futuros cambios en la distribución de los desastres tienen el potencial de generar relaciones de gran amplificación y así efectos económicos muy grandes, si es que las magnitudes de los desastres superan un determinado umbral. Los desastres muy grandes, o una secuencia de eventos de desastres, pueden tener el potencial de desbordar la capacidad de reconstrucción de un país, dejándolo atrapado en una trampa de pobreza.

En términos de teoría económica, el modelo de crecimiento endógeno nos ayuda a identificar que el impacto económico de los desastres naturales se transmite por una reducción del stock de capital manifiesto a través de un mayor ritmo de depreciación del stock de capital, pero también indirectamente a través de la tasa de ahorro. Si una economía presenta una baja tasa de ahorro, un desastre natural de alto impacto puede reducirlo o inducir a necesitar ahorro externo mediante endeudamiento³.

Se puede esperar entonces, que el cambio climático se manifieste a través de lluvias torrenciales más fuertes, las que ocasionarán inundaciones más frecuentes y también más dañinas. Como se ha mencionado las inundaciones por los efectos de El Niño podrían ser más severas consecuencia de un clima más cálido. En regiones con vulnerabilidad ante las inundaciones, las inundaciones se constituyen en una amenaza a tomar en cuenta con prioridad, y Bolivia tiene amplias regiones vulnerables, que es de lo que se trata a continuación.

³ Un desarrollo extenso de estas implicaciones se lo encuentra Cabrera (2008).



3. Desastres Naturales en Bolivia y Riesgo por Inundaciones

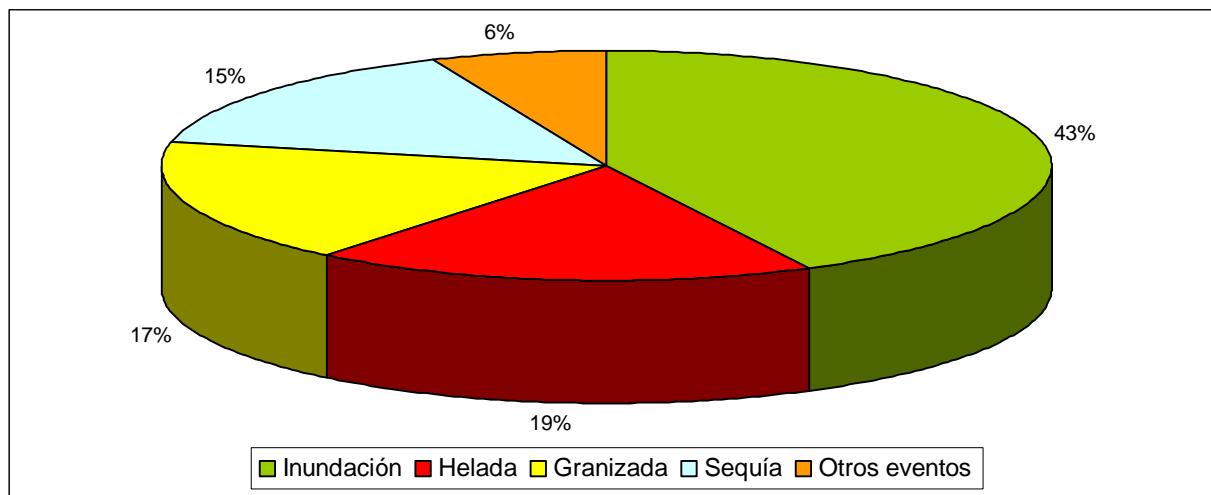
La Tabla 1 muestra los reportes de eventos adversos de origen natural, en el período 2002-2008, organizados por tipo de evento. Se observa en la tabla y en el Gráfico 1 que el principal evento adverso de origen natural son las inundaciones. Durante el período, el 43% de los eventos está relacionado con este tipo de evento.

Tabla No. 1: Eventos Adversos de Origen Natural por Tipo de Evento 2002-2008

Tipo de Evento	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008(p)	Total
Total	1.186	968	1.444	783	1.278	3.913	2.268	11.840
Inundación	353	810	448	278	868	1191	1095	5.043
Sequía	351	43	451	151	16	651	158	1.821
Helada	66	5	153	132	121	1259	451	2.187
Granizada	311	67	261	74	194	695	419	2.021
Otros eventos	105	43	131	148	79	117	145	768

Fuente: Estadísticas de Medio Ambiente 1998-2007. Instituto Nacional de Estadística.

Gráfico No. 1: % de Eventos Adversos de Origen Natural por Tipo de Evento 2002-2008



La diversidad en las características fisiográficas de Bolivia genera diferentes fenómenos climáticos que están condicionados a la topografía, pendiente y a la altitud⁴, lo que da lugar a que cada zona sea afectada por una amenaza específica⁵.

⁴ La altitud máxima se encuentra en el pico del nevado Sajama en el occidente del país (6.542 metros sobre el nivel del mar) y la altitud mínima está en la cuenca del Alto Paraguay paralelo 20, en la zona oriental del país (100 metros bajo el nivel del mar).

⁵ De acuerdo al Atlas de Amenazas, Vulnerabilidades y Riesgos de Bolivia, la amenaza es un factor externo (a la sociedad, a la comunidad, a la familia y sus interacciones sociales), y su ocurrencia es potencialmente peligrosa.



Bolivia está expuesta a una variedad de desastres naturales, incluyendo inundaciones en los departamentos situados en la zona amazónica, sequías en la zona del Chaco, y feroces granizadas en el Altiplano. Un estudio reciente de Oxfam (2009) menciona que Germanwatch, una ONG que efectúa el monitoreo de los desastres, puso a Bolivia el año 2007 (por primera vez) en una lista de los diez países del mundo más afectados por desastres. Se señala además que durante los años 2007 y 2008 el país habría enfrentado las peores emergencias en los últimos 25 años.

Un desastre es una situación de daño grave o alteración de las condiciones normales de vida en un territorio determinado ocasionado por fenómenos naturales, tecnológicos o por la acción del hombre y que puede causar pérdidas de vidas humanas, materiales, económicos o daño ambiental. En el caso de las inundaciones estas son amenazas de origen hidrometeorológico o climático (se generan en la atmósfera), presentándose cuando el suelo y la vegetación no son capaces de absorber toda el agua y ésta fluye a los cursos de agua rebasando su capacidad de conducción, existiendo inundaciones por desbordamientos de ríos, lluvias torrenciales y falta de absorción y escurrimiento⁶. Las inundaciones como se ha visto, son los fenómenos más frecuentes y que más daño causan en el país, por la frecuencia con la que se presentan y por los efectos en la población y la economía del país.

Las inundaciones son fenómenos que se dan con relativa frecuencia, no estando asociadas únicamente al fenómeno de El Niño, y se presentan durante la época de lluvias, afectando a buena parte del país, principalmente en los departamentos de Beni, Cochabamba, Santa Cruz y Pando⁷.

Bolivia ha sufrido de desastres naturales en forma periódica, sin embargo, y según Oxfam Internacional (2009), en los últimos años, la frecuencia y magnitud del daño causado por estos eventos climatológicos se ha incrementado. Durante el periodo de 2001 al 2004, se reportó el número más alto de declaraciones de emergencias durante los últimos 70 años. Alrededor de 420.000 personas se vieron afectadas por las inundaciones en el periodo 1997-2007. El número de personas afectadas los últimos años es realmente grande: 560.000 durante los años 2006-2007 y 618.000 durante los años 2007-2008, lo que equivale al 6 por ciento de la población del país.

Riesgo por Vulnerabilidad a Inundaciones en Bolivia

21 municipios del país fueron identificados como de alto y muy alto riesgo en el Atlas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos de Bolivia, elaborado por la Fundación Oxfam Gran

Tiene dos fuentes principales: natural (manifestaciones periódicas y circunstanciales de la naturaleza) o antrópica (humana).

⁶ Citado en “La Gestión del Riesgo en Bolivia”. Ministerio de Defensa Nacional, 2004.

⁷ La denominada zona de los llanos orientales, que incluye el norte del departamento de La Paz, abarca el 59% del territorio nacional.



Bretaña y Fundepco el año 2008. Estos municipios altamente vulnerables a las inundaciones se encuentran en los departamentos de Beni, Cochabamba y Santa Cruz.

El estudio indica también que 74 municipios se encuentran en el rango de riesgo medio de inundación, en tanto que los restantes 232 se hallan en riesgo bajo.

Los municipios de “muy alto riesgo”, señala el Atlas son ocho: Chimoré en Cochabamba; Warnes, Yapacaní, Santa Rosa del Sara, San Julián y Cuatro Cañadas en el departamento de Santa Cruz; y San Ignacio de Mojos y San Andrés en Beni.

Los municipios que se encuentran en el rango de “alto riesgo” son trece: Villa Tunari y Puerto Villarroel en Cochabamba; Santa Cruz de la Sierra, Cotoca, Pailón, Montero y General Saavedra en el departamento de Santa Cruz; y Trinidad, San Javier, San Borja, Santa Ana de Yacuma, Loreto y Puerto Siles en Beni.

Tabla No. 2: Municipios con Riesgo Alto y Muy Alto por Inundación

Departamento	Municipio	Índice de Riesgo por Inundación
COCHABAMBA	Chimoré	Muy Alto
SANTA CRUZ	Warnes	Muy Alto
SANTA CRUZ	Yapacaní (San Juan)	Muy Alto
SANTA CRUZ	Santa Rosa del Sara	Muy Alto
SANTA CRUZ	San Julián	Muy Alto
SANTA CRUZ	Cuatro Cañadas	Muy Alto
BENI	San Ignacio	Muy Alto
BENI	San Andrés	Muy Alto
COCHABAMBA	Villa Tunari	Alto
COCHABAMBA	Puerto Villarroel	Alto
SANTA CRUZ	Santa Cruz de la Sierra	Alto
SANTA CRUZ	Cotoca	Alto
SANTA CRUZ	Pailón	Alto
SANTA CRUZ	Montero	Alto
SANTA CRUZ	Gral Saavedra	Alto
BENI	Trinidad	Alto
BENI	San Javier	Alto
BENI	San Borja	Alto
BENI	Santa Ana de Yacuma	Alto
BENI	Loreto	Alto
BENI	Puerto Siles	Alto

Fuente: Atlas de Amenazas, Vulnerabilidades y Riesgos de Bolivia

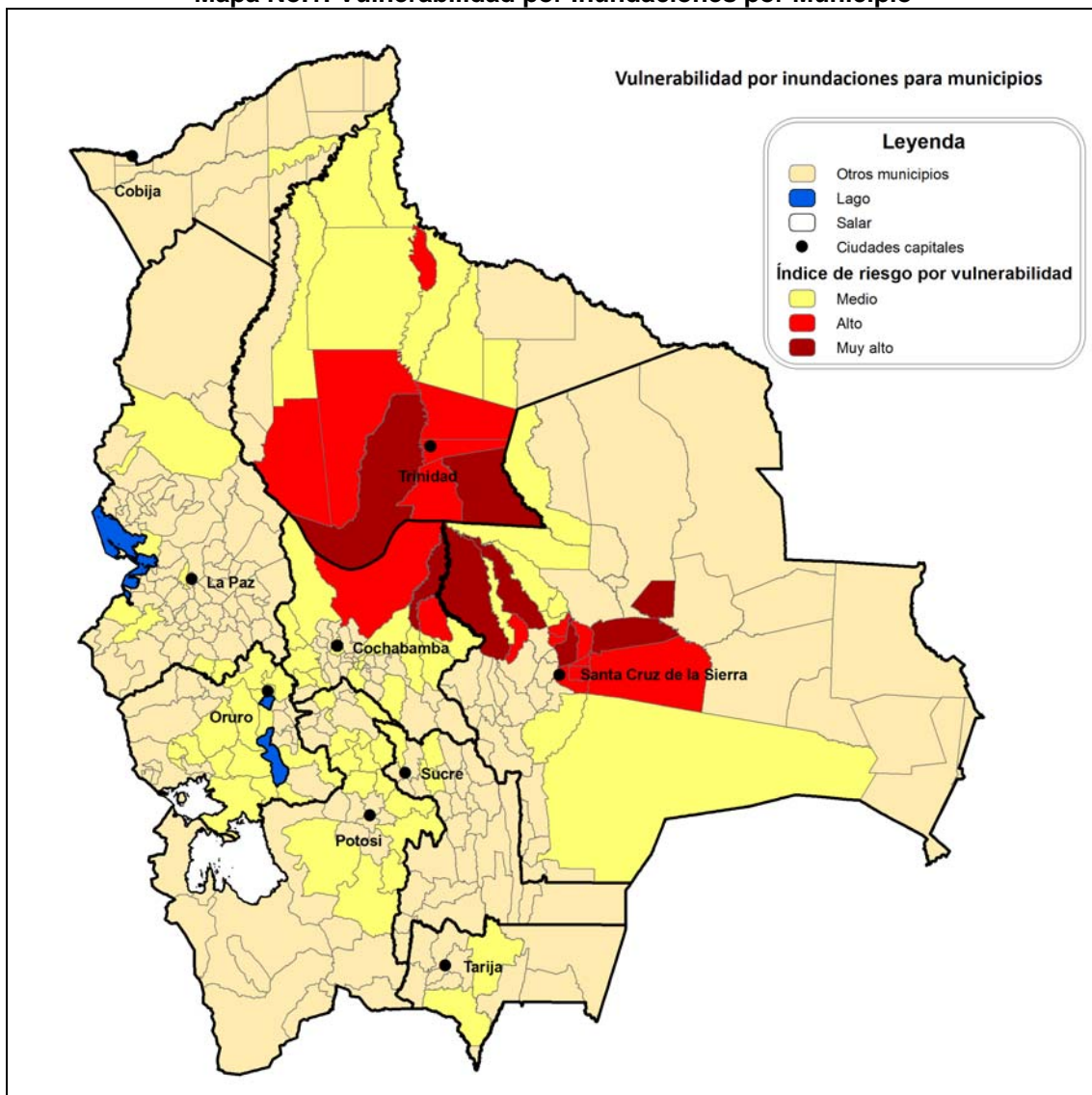
De acuerdo al Atlas, la principal causa de las inundaciones es el exceso de precipitación que



resbala por la superficie debido a la baja absorción del terreno, lo que aumenta el nivel de los ríos, sobrepasando su capacidad de almacenamiento. El mapa de amenaza de inundación, del que se deriva un mapa de riesgo por amenaza de inundación fue elaborado sistematizando, clasificando y modelando variables condicionantes y desencadenantes como el análisis de las cuencas hidrográficas, hidrografía general, evapotranspiración, cobertura y uso de la tierra, caudales y niveles históricos de agua, y modelos dinámicos de precipitación.

El mapa siguiente muestra a los municipios con vulnerabilidad por inundaciones media, alta y muy alta.

Mapa No.1: Vulnerabilidad por Inundaciones por Municipio



Fuente: Elaborado en base al Atlas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos de Bolivia, 2008.



Es notorio que los departamentos del Beni y Cochabamba presentan en una porción importante de sus territorios, una vulnerabilidad por inundaciones alta y muy alta. En el caso del departamento de Beni, esta vulnerabilidad está alcanzando al 40% del territorio, y alcanza al 34% del territorio en Cochabamba⁸.

Como indica Oxfam Internacional (2009), más de la mitad del país se encuentra en la zona amazónica, donde existen altos índices de deforestación, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a las inundaciones. La deforestación generalizada en las principales cuencas del área, produce lodo y sedimentación de los ríos y disminuye entonces su capacidad para llevar agua.

Andersen (2009), indica que se espera en el futuro un fuerte proceso de deforestación en el país. En las tierras bajas, producto del avance de la frontera agrícola, se ha previsto bajo un escenario sin cambio climático, la deforestación de 33 millones de hectáreas durante el siglo XXI, lo que dejaría solamente una cuarta parte del bosque original.

Dados los escenarios previstos de mayores precipitaciones a causa del cambio climático, incluyendo fenómenos El Niño más intensos, y mayor deforestación esperada, implican que la vulnerabilidad hacia las inundaciones en los llanos orientales, y principalmente en los departamentos de Beni, Santa Cruz y Cochabamba, no va a reducirse en el futuro y al contrario se espera que las inundaciones sean más frecuentes en los llanos amazónicos. Ejemplos recientes de los efectos que pueden tener las fuertes precipitaciones y las inundaciones se estudian en los siguientes puntos, con relación a los fenómenos de El Niño y La Niña, y los efectos económicos que estos tuvieron sobre la infraestructura pública y la producción agropecuaria.

4. Relación Cambio Climático-Daños en la Infraestructura Pública

Un estudio de CEPAL (2007) presenta una evaluación de los daños ocasionados por las alteraciones climáticas de El Niño 2006-2007, observadas entre enero y marzo de 2007, cuantificando la magnitud global de los daños y pérdidas.

Este informe detalla las características que tuvo El Niño ese año, explicando que el régimen pluviométrico en Bolivia se vio afectado desde 2006 por la anomalía del posicionamiento del patrón más importante en la formación de precipitaciones, identificado como la “Alta de Bolivia”, el que generó precipitaciones sobre la Cordillera Oriental, las tierras bajas del sur, llanos orientales y sobre Beni. Las mayores precipitaciones se dieron principalmente entre

⁸ Si además se toma en cuenta la vulnerabilidad media, en el departamento de Beni, la vulnerabilidad media-alta-muy alta está alcanzando al 77% del territorio, llega al 76% del territorio en Cochabamba y al 38% del territorio en Santa Cruz.



diciembre de 2006 y marzo de 2007, con intensidades fuertes, que ocasionaron un fuerte ascenso en los niveles de los ríos, dando por resultado desbordes e inundaciones.

El documento se refiere al SENAMHI para explicar que las inundaciones ocurridas en El Beni tuvieron su origen en dos causas. Por una parte las fuertes precipitaciones puntuales, y por otro las lluvias fuertes que se dieron en las áreas medias de las cuencas de los ríos de la cordillera oriental, las cuales se escurrieron hasta las tierras bajas ocasionando las inundaciones.

Con el fenómeno de La Niña también se presentaron fuertes precipitaciones sobre la Cordillera Oriental, las tierras bajas del sur, llanos orientales y en la hoya amazónica. Estas áreas sufrieron deslizamientos y aludes torrenciales en las laderas, desbordes de ríos e inundaciones en las planicies. La Niña del año 2008 mostró en Bolivia un comportamiento distinto al patrón general, ya que fuertes lluvias afectaron al oriente del país.

Siguiendo la evaluación efectuada por la CEPAL (2008), desde noviembre de 2007 se produjeron lluvias intensas en todo el país, ocasionando desbordamiento de ríos e inundaciones, siendo los departamentos más afectados La Paz, Cochabamba, Chuquisaca, Beni y Santa Cruz. En los departamentos de Beni y Santa Cruz se tuvieron crecidas y desbordamientos de los ríos Beni y Mamoré. En Beni los ríos principales superaron los niveles históricos.

La combinación de granizadas, lluvias e inundaciones que ocasionaron El Niño y La Niña produjeron un impacto severo en las zonas de los llanos, Chaco y en las laderas de la cordillera que desciende hacia el oriente del país. El impacto fue severo debido tanto a la topografía de las zonas afectadas, como a la elevada vulnerabilidad de la infraestructura misma.

CEPAL (2007) destaca que dado el grado de desarrollo de las redes de transporte troncal, secundaria y terciaria, los daños ocasionados por las lluvias e inundaciones afectaron especialmente a las carreteras y caminos, en niveles superiores a los usuales en la época de lluvias que anualmente ocasiona erosión e inundación en los valles y regiones bajas y deslizamientos y obstrucciones en las laderas. Se afectaron puntos nodales de la red troncal y rutas en diversos departamentos.

Las zonas más afectadas como se observará a continuación, fueron las regiones orientales del país, especialmente los departamentos de Beni, Santa Cruz y Cochabamba.

Plan Nacional de Rehabilitación y Reconstrucción

Mediante Decreto Supremo 29627 de 02 de julio de 2008, se aprobó el Plan Nacional de Rehabilitación y Reconstrucción, como instrumento para la atención de los problemas suscitados y las necesidades generadas, consecuencia de los efectos adversos provocados por el fenómeno de La Niña 2007-2008.

En el marco de este Plan se efectuó un relevamiento de la demanda de proyectos de rehabilitación y reconstrucción a nivel de las regiones afectadas (departamentos y municipios).



Este relevamiento estuvo a cargo del Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE), lo que permitió construir una base de datos/cartera de proyectos que involucran acciones de rehabilitación, reconstrucción y otros según el sector afectado.

Estas demandas de rehabilitación y reconstrucción se dividieron en programas sectoriales en: Transportes, Agropecuarios, Educación y Cultura Salud, Energía, Industria-Turismo, Minero, Recursos Hídricos, Salud y Seguridad Social, Saneamiento Básico y Urbanismo-Vivienda. Para efectos del presente estudio se ha depurado la base de datos, tomando en cuenta solamente aquellas demandas relacionadas con daños a la infraestructura pública en cuanto a los sectores Transportes, Saneamiento Básico, Salud y Seguridad Social, Educación y Cultura y Agropecuario.

Las demandas en el sector de Transportes tienen que ver principalmente con rehabilitación y reconstrucción de caminos y tramos carreteros afectados, en el sector de Saneamiento Básico los daños se refieren a la destrucción de sistemas de agua potable, en el sector de Salud y Seguridad Social los daños se refieren a la destrucción de infraestructura en hospitales, centros de salud y postas, en el sector de Educación los daños están relacionados principalmente con destrucción de la infraestructura en escuelas y unidades educativas, mientras que en el sector Agropecuario la infraestructura destruida está focalizada en los sistemas/canales de riego.

La Tabla 3 muestra la cuantificación agregada por departamento (en dólares americanos) de los daños ocasionados por el fenómeno de El Niño el año 2007. Los departamentos más afectados fueron Cochabamba, Beni y Santa Cruz.

Tabla No. 3: Eventos-Proyectos Reportados y Montos El Niño 2007

Departamento	Eventos Reportados	Daños (US\$)
La Paz	85	3.500.621
Oruro	25	3.308.042
Potosí	158	10.007.944
Cochabamba	153	216.376.505
Chuquisaca	30	1.044.280
Tarija	8	515.912
Santa Cruz	173	47.810.279
Beni	97	191.825.709
Pando	1	145.040
Total	730	474.534.333

Fuente: Elaboración Propia sobre Base de Datos Ministerio de Planificación del Desarrollo.

La Tabla 4 muestra la cuantificación agregada por departamento (en dólares americanos) de los daños ocasionados por el fenómeno de La Niña el año 2008. Los departamentos más afectados también fueron Cochabamba, Beni y Santa Cruz.



Tabla No. 4: Eventos-Proyectos Reportados y Montos La Niña 2008

Departamento	Eventos Reportados	Daños (US\$)
La Paz	181	8.116.345
Oruro	13	641.296
Potosí	95	2.775.725
Cochabamba	143	18.938.245
Chuquisaca	84	2.926.458
Tarija	7	620.955
Santa Cruz	597	82.549.812
Beni	253	105.247.604
Pando	67	9.503.217
Total	1440	231.319.657

Fuente: Elaboración Propia sobre Base de Datos Ministerio de Planificación del Desarrollo.

La Tabla 5 muestra la importancia del sector de Transportes dentro la estructura de daños reportada. El 73% de los eventos/daños a la infraestructura productiva (daños a carreteras y caminos) se encuentran en este sector, con un monto cuantificado de daños de 514 millones de dólares.

Tabla No. 5: Eventos-Proyectos Reportados por Sector (en US\$)

Sector	El Niño	La Niña	Total	%
Transportes	291.190.221	223.116.548	514.306.769	73,1%
Saneamiento Básico	2.709.755	2.070.446	2.709.755	0,4%
Salud y Seguridad Social	37.465.186	1.522.785	38.987.970	5,5%
Educación	130.094.511	3.462.837	133.557.348	19,0%
Agropecuario	13.074.659	1.147.042	14.221.701	2,0%
Total	474.534.333	231.319.657	703.783.544	100,0%

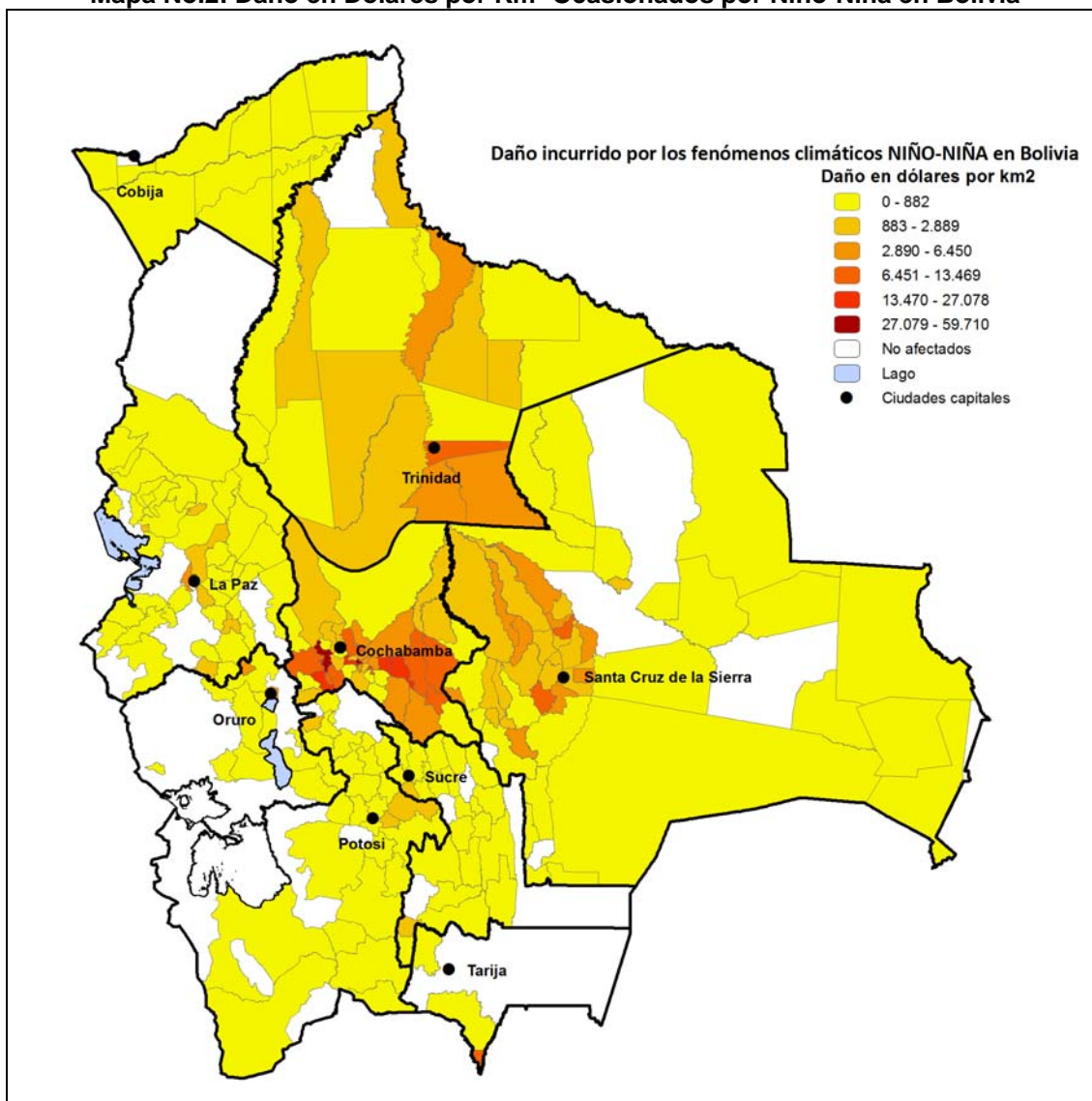
Fuente: Elaboración Propia sobre Base de Datos Ministerio de Planificación del Desarrollo.

En los mapas 2 y 3 se muestran los daños en dólares por kilómetro cuadrado y en dólares por persona respectivamente, ocasionados por los eventos de El Niño y La Niña, a nivel de municipio y sobre la base de los datos del relevamiento de demanda de proyectos de rehabilitación y reconstrucción.

Las inundaciones devastadoras causadas por El Niño y La Niña, dejaron pérdidas económicas por 704 millones de dólares en la infraestructura pública.



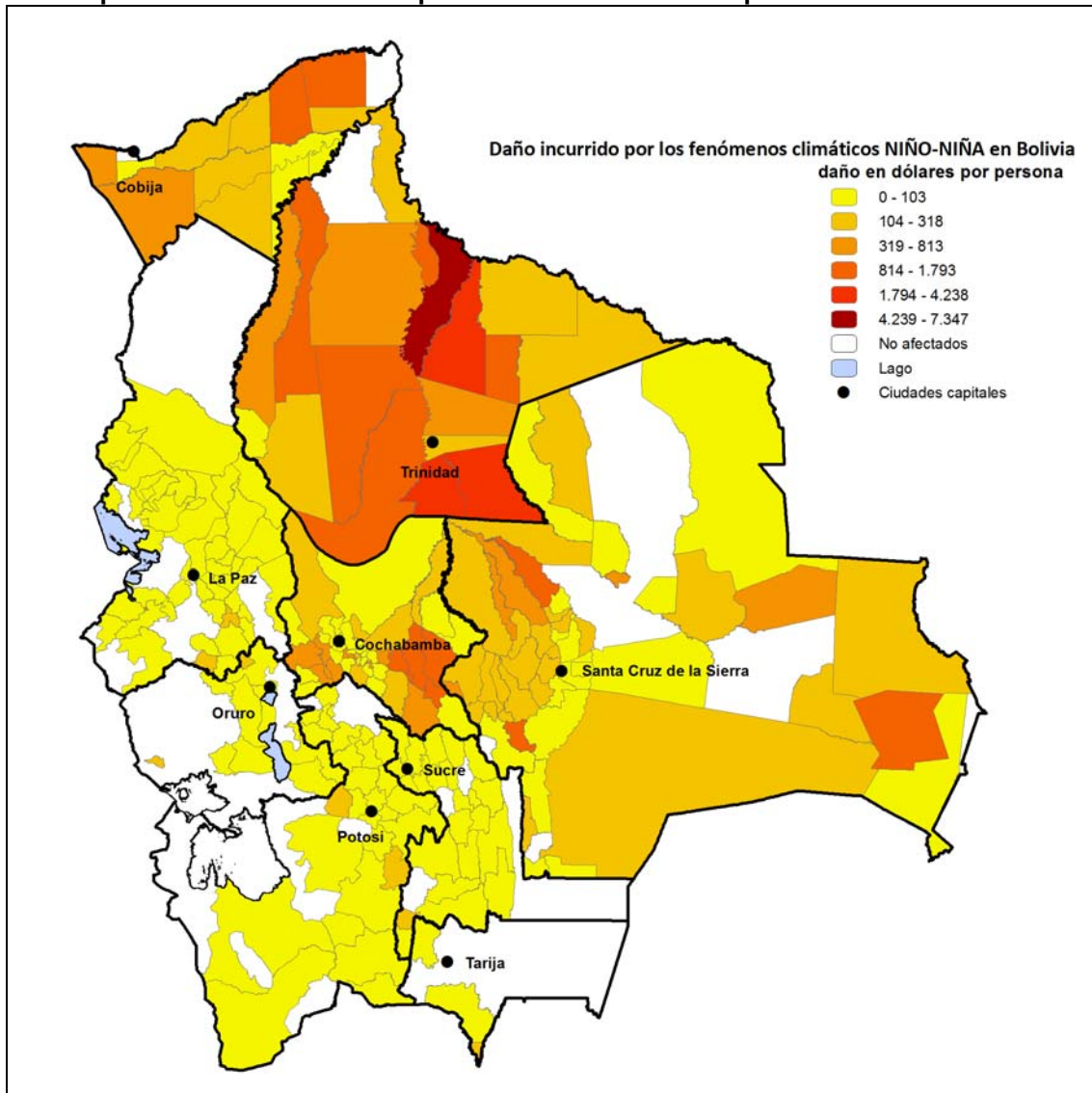
Mapa No.2: Daño en Dólares por Km² Ocasionados por Niño-Niña en Bolivia



Fuente: Elaboración propia.



Mapa No.3: Daño en Dólares por Persona Ocasionados por Niño-Niña en Bolivia



Fuente: Elaboración propia.

Estimación de los Impactos del Cambio Climático sobre la Infraestructura Pública

La tabla siguiente muestra la información sobre precipitación diaria promedio y el daño en infraestructura pública por kilómetro cuadrado en el departamento de Santa Cruz. La información de precipitación se refiere al promedio para los meses de noviembre 2006 a abril de 2007 (El Niño) y noviembre 2007 a abril de 2008 (La Niña), para las estaciones meteorológicas de Santa Cruz, Camiri, Puerto Suarez, Robore, San Matías, Guarayos, San Javier, San Ignacio de Velasco, San José, Vallegrande, Comarapa, Cotoca, Gutierrez, Mairana, Mineros, Montero y Okinawa 1.



Durante el fenómeno de El Niño, la precipitación diaria promedio fue de 4,8 mm/día, mientras que durante La Niña, la precipitación fue de 6,2 mm/día. Durante La Niña la precipitación fue 31% superior al promedio de los datos normales de 4,5 (promedio en época de lluvias durante los años 1961-1990⁹), lo que explica que los daños en la infraestructura pública duplicaron los causados por El Niño.

El daño por kilómetro cuadrado en noviembre-06/abril-07 fue de 123 US\$/km².

El daño por kilómetro cuadrado en noviembre-07/abril-08 fue de 261 US\$/km².

Tabla No. 6: Precipitación Día y Daño en Infraestructura por Km² Santa Cruz

	Precipitación (mm día)	Daños en millones de US\$	Daños en US\$ por Km ²
Con El Niño	4,8	45,4	123
Con La Niña	6,2	96,7	261
Normal	4,5		

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 7 muestra la información sobre precipitación diaria promedio y el daño en infraestructura por kilómetro cuadrado en el departamento del Beni. La información de precipitación se refiere al promedio para los meses de noviembre 2006 a abril de 2007 (El Niño) y noviembre 2007 a abril de 2008 (La Niña), para las estaciones meteorológicas de Trinidad, Guayaramerin, Magdalena, San Joaquín, Santa Ana y San Ignacio de Moxos.

Durante el fenómeno de El Niño, la precipitación diaria promedio fue de 8,4 mm/día, mientras que durante La Niña, la precipitación fue de 8,9 mm/día. Durante La Niña la precipitación fue 20% superior al promedio de los datos normales de 7,4 mm/día.

El daño por kilómetro cuadrado en noviembre-06/abril-07 fue de 707 US\$/km².

El daño por kilómetro cuadrado en noviembre-07/abril-08 fue de 519 US\$/km².

Tabla No. 7: Precipitación Día y Daño en Infraestructura por Km² Beni

	Precipitación (mm día)	Daños en millones de US\$	Daños en US\$ por Km ²
Con El Niño	8,4	150,9	707
Con La Niña	8,9	110,8	519
Normal	7,4		

Fuente: Elaboración Propia.

El estudio efectuado por Andrade (2010), muestra que bajo el escenario de cambio climático más pesimista, A2, se espera que la concentración de dióxido de carbono para el año 2100 sea de unos 850 ppm (partes por millón), mientras que bajo B2 se estima que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera será de unos 600 ppm. La precipitación promedio en los dos

⁹ Se ha considerado a la época de lluvias a los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril.



escenarios disminuye moderadamente en la zona altiplánica pero se incrementa en las zonas bajas. Además, el modelo PRECIS prevé aumentos en la variabilidad de la precipitación en todo el territorio. El proceso de validación del mismo ha mostrado que se reproduce razonablemente bien el clima de las regiones bajas (<500 metros) pero que sobreestima la precipitación en zonas más altas.

Tomando en cuenta las estimaciones de precipitación que se tienen en los escenarios PRECIS A2 y B2, se han identificado para los departamentos de Santa Cruz y Beni, aquellos períodos en los que las condiciones de cambio climático van a originar situaciones de lluvias similares (o superiores en magnitud) a las que se dieron en el fenómeno de El Niño. Para hacer esto se han dividido los datos en dos períodos, uno relacionado con la época general de lluvias y que comprende los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril, y un período generalmente no lluvioso que abarca los meses de mayo a octubre.

Los gráficos 2 y 3 muestran la evolución de la precipitación diaria promedio en época lluviosa para el período 1962-2100, para el departamento de Santa Cruz. Los datos de precipitación 1962-2009 corresponden a los datos construidos a partir de los registros históricos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), y los datos a partir del año 2010 corresponden a los niveles de precipitación ajustados del modelo PRECIS.

Los niveles de precipitación estimados con el modelo PRECIS, han sido ajustados tomando en cuenta los datos históricos de precipitación. La diferencia media entre los registros históricos y los datos de precipitación PRECIS A2, para el caso de Santa Cruz y en el período 1962-2009 es de -1,1 mm/día, es decir que en niveles absolutos PRECIS A2 sobreestima en promedio 1,1 mm/día con relación al valor histórico, por lo que a partir del año 2010 los datos absolutos PRECIS A2 han sido ajustados cada año por la constante 1,1 mm/día.

Por ejemplo, el valor absoluto de precipitación de PRECIS A2 para Santa Cruz en el período lluvioso del año 2071 es de 4,8 mm/día, valor al que se le resta 1,1 mm/día para obtener el valor ajustado de 3,7 mm/día. La diferencia media entre los registros históricos y los datos de precipitación PRECIS B2, para Santa Cruz y en el período 1962-2009 es de -1,0 mm/día.

Como se observa en los gráficos 2 y 3, se asume un umbral de precipitación para Santa Cruz de 4,8 mm/día, que es el nivel de precipitación diaria promedio experimentado durante El Niño 2007, estableciendo que niveles de precipitación superiores a este umbral, ocasionados por efectos del cambio climático, implicaran episodios de lluvia fuertes que ocasionarían inundaciones y por lo tanto pérdidas económicas en la región. Si se comparan los niveles de precipitación del evento fuerte de El Niño 1982-1983 (7,3 mm/día), con los eventos de El Niño 2007 y La Niña 2008, el menor nivel de precipitación diaria promedio se lo registró con El Niño 2007, motivo por el que se escoge este dato como umbral de precipitación.

El modelo PRECIS A2 ajustado en el caso de Santa Cruz, proyecta una precipitación media en el período 2071-2100 en época de lluvias de 5,7 mm/día, superior a la media del período 1961-1990, establecida en 4,4 mm/día y superior al umbral de precipitación. Bajo el escenario



PRECIS B2 en Santa Cruz, se tiene una precipitación media en época de lluvias de 4,9 mm/día, también superior a la media del período 1961-1990 y al umbral de precipitación.

En el caso de Santa Cruz, se evidencia que a partir del año 2072 (Gráficos 2 y 3), las estimaciones ajustadas de PRECIS A2 y B2 indican que se tendrán episodios de fuertes lluvias de mayor magnitud que los experimentados con La Niña 2008 y similares al evento fuerte de El Niño 1982-1983. Bajo A2, los episodios de lluvias fuertes en Santa Cruz superarán el umbral de precipitación en 25 de los 30 años comprendidos en el período 2071-2100, mientras que en el escenario B2, el umbral de precipitación será superado en 16 de los 30 años.

Durante el período 1961-1990, se tuvieron 8 años en los que se superó el umbral de precipitación, destacando el evento de El Niño 1982-1983 donde se experimentaron fuertes lluvias que causaron importantes daños económicos. Esto muestra que la frecuencia de eventos extremos de precipitación se incrementará considerablemente en el período 2071-2100.

Los gráficos 4 y 5 muestran la evolución de la precipitación diaria promedio en época lluviosa para el período 1962-2100, para el departamento de Beni. También acá los datos de precipitación 1962-2009 corresponden a los datos construidos a partir de los registros históricos, y los datos a partir del año 2010 corresponden a los niveles de precipitación ajustados del modelo PRECIS.

Los niveles de precipitación estimados con el modelo PRECIS, han sido ajustados también para Beni tomando en cuenta los datos históricos de precipitación. Para Beni la diferencia media en el escenario A2 es de 1,4 mm/día, y para el escenario B2 es de 1,5 mm/día, lo que indica que en Beni los niveles absolutos PRECIS subestiman el valor histórico.

Para Beni se establece un umbral de precipitación de 8,4 mm/día, que es el nivel de precipitación diaria promedio experimentado durante El Niño 2007, estableciendo que niveles de precipitación superiores a este umbral, ocasionados por efectos del cambio climático, implicaran episodios de lluvia fuertes que ocasionarían inundaciones y por lo tanto pérdidas económicas en la región. Si nuevamente se comparan los niveles de precipitación del evento fuerte de El Niño 1982-1983 (10,4 mm/día), con los eventos de El Niño 2007 y La Niña 2008, el menor nivel de precipitación diaria promedio se lo registró con El Niño 2007, motivo por el que se escoge este dato como umbral de precipitación.

El modelo PRECIS A2 ajustado en Beni, proyecta una precipitación media en el período 2071-2100 en época de lluvias de 9,1 mm/día, superior a la media del período 1961-1990, establecida en 7,8 mm/día y superior al umbral de precipitación. En el escenario PRECIS B2 se tiene una precipitación media en época de lluvias de 8,6 mm/día, también superior a la media del período 1961-1990 y al umbral de precipitación.

En Beni se evidencia igualmente que a partir del año 2072 (Gráficos 4 y 5), las estimaciones ajustadas PRECIS A2 y B2 muestran que se tendrán episodios de fuertes lluvias de mayor magnitud que los experimentados con La Niña 2008 y similares al evento fuerte de El Niño



1982-1983. Bajo A2, los episodios de lluvias fuertes en Beni superarán el umbral de precipitación en 25 de los 30 años comprendidos en el período 2071-2100, mientras que en el escenario B2, el umbral de precipitación será superado en 17 de los 30 años.

Durante el período 1961-1990, se tuvieron 7 años en los que se superó el umbral de precipitación, destacando también el evento de El Niño 1982-1983, siendo notorio que la frecuencia de eventos extremos de precipitación se incrementará considerablemente en el período 2071-2100.

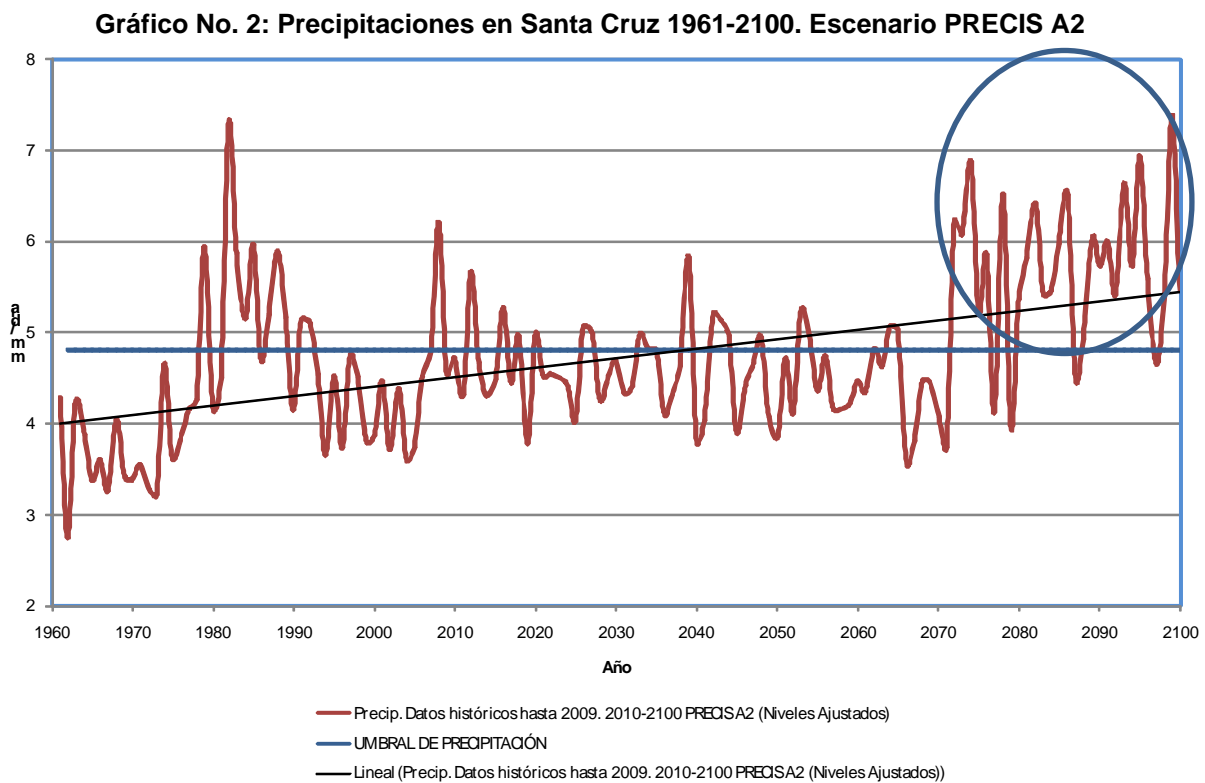




Gráfico No. 3: Precipitaciones en Santa Cruz 1961-2100. Escenario PRECIS B2

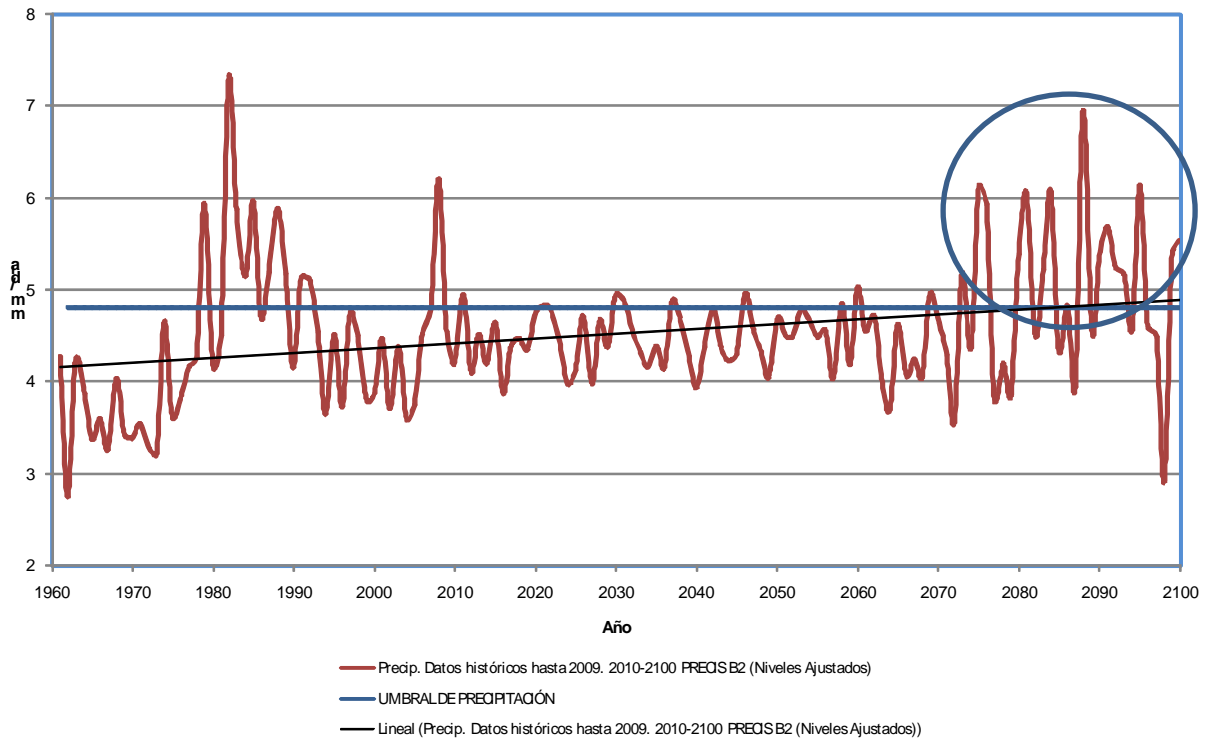


Gráfico No. 4: Precipitaciones en Beni 1961-2100. Escenario PRECIS A2

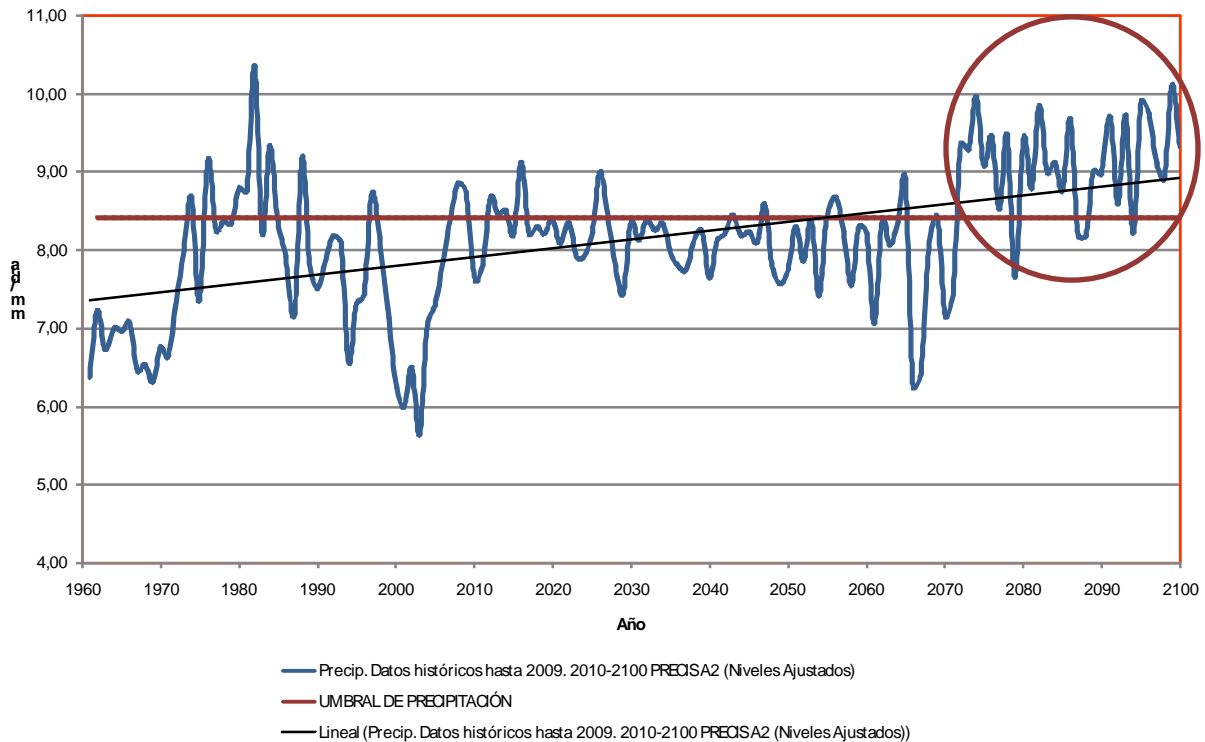
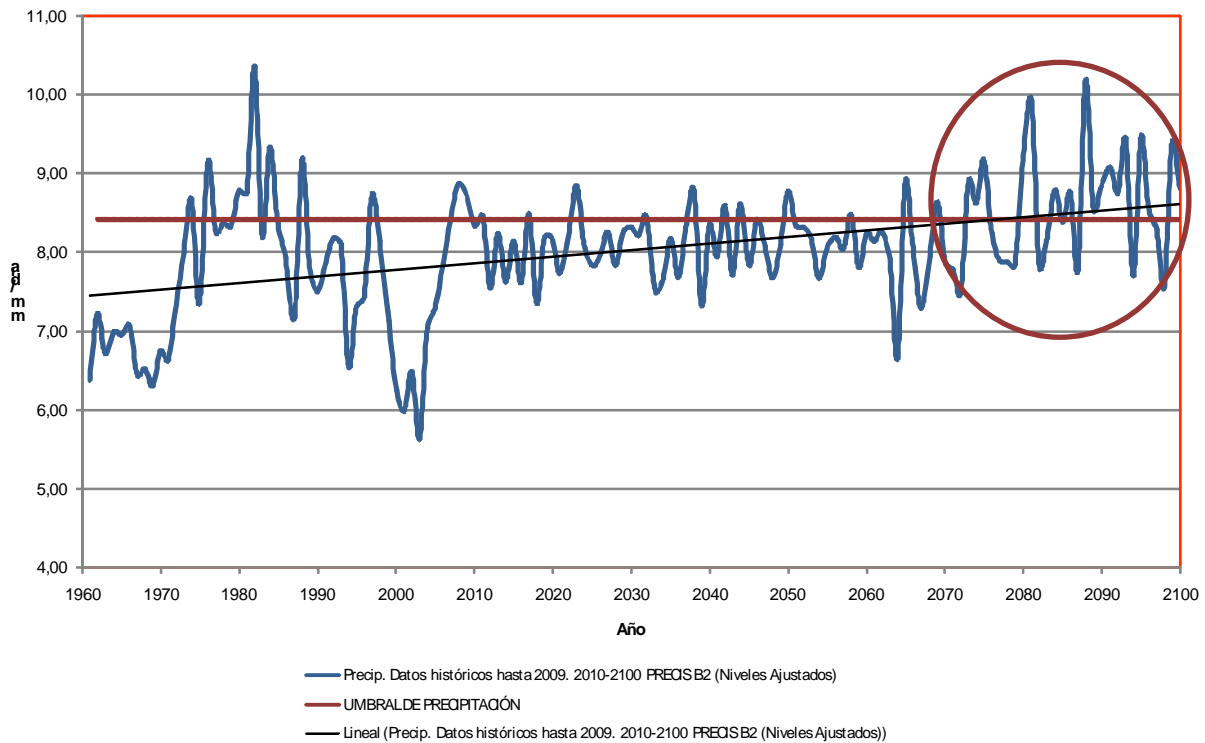




Gráfico No. 5: Precipitaciones en Beni 1961-2100. Escenario PRECIS B2



Para Santa Cruz y el evento de La Niña, una precipitación promedio de 6,2 mm/día ocasionó un daño en la infraestructura pública de 261 US\$/Km², lo que significó casi 97 millones de dólares, representando una pérdida del 0,70% sobre el PIB nacional el año 2008. El Niño con una precipitación promedio de 4,8 mm/día ocasionó un daño en infraestructura de 45,4 millones de dólares, representando una pérdida del 0,35% sobre el PIB nacional del año 2007.

Durante La Niña una precipitación promedio de 8,9 mm/día ocasionó un daño a la infraestructura pública de 519 US\$/Km² en el Beni, lo que significó en términos monetarios 111 millones de dólares, representando una pérdida del 0,80% sobre el PIB nacional el año 2008. El Niño con una precipitación promedio de 8,4 mm/día ocasionó un daño en infraestructura de 151 millones de dólares, representando la pérdida el 1,15% del PIB nacional el año 2007.

Conociendo los niveles de precipitación ajustados estimados con el modelo PRECIS para los escenarios A2 y B2, a continuación se simulan los efectos sobre el PIB nacional, que hubieran tenido efecto bajo las precipitaciones estimadas. Es decir, conociendo que durante La Niña una precipitación promedio de 6,2 mm/día en Santa Cruz ocasionó un daño del 0,70% del PIB nacional, se estima por extrapolación de datos qué porcentaje del PIB nacional se hubiera afectado si por ejemplo, la precipitación en Santa Cruz hubiera sido de 6,5 mm/día (estimación de precipitación ajustada PRECIS A2 para el período noviembre 2077-abril 2078).



Las tablas siguientes muestran estas estimaciones para el escenario A2 (B2 en anexo), para el período 2071-2100.

**Tabla No. 8: Estimación del % del PIB Nacional Afectado en Infraestructura Pública
Precipitaciones Escenario A2 – Santa Cruz**

Escenario A2			
Período	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado
2071	3,7	-	0,26%
2072	6,2	262,3	0,70%
2073	6,1	246,8	0,66%
2074	6,9	326,7	0,86%
2075	5,2	161,8	0,45%
2076	5,9	225,8	0,61%
2077	4,1	-	0,26%
2078	6,5	292,1	0,77%
2079	3,9	-	0,26%
2080	5,4	177,3	0,48%
2081	5,8	221,4	0,60%
2082	6,4	281,2	0,75%
2083	5,4	182,6	0,50%
2084	5,4	185,5	0,51%
2085	6,0	237,0	0,64%
2086	6,5	289,8	0,77%
2087	4,5	-	0,26%
2088	4,9	134,7	0,38%
2089	6,0	243,1	0,65%
2090	5,7	213,1	0,58%
2091	6,0	239,8	0,64%
2092	5,4	182,1	0,50%
2093	6,6	303,1	0,80%
2094	5,7	213,2	0,58%
2095	6,9	332,4	0,88%
2096	5,6	199,0	0,54%
2097	4,6	-	0,26%
2098	5,4	182,6	0,50%
2099	7,4	377,1	0,99%
2100	5,5	187,2	0,51%

Las casillas sombreadas muestran los años en los que las lluvias no superan el umbral de precipitación. En estos casos para estimar el porcentaje del PIB afectado, se toma en cuenta que Bolivia es un país frecuentemente afectado por desastres naturales, principalmente por inundaciones como se ha mencionado en este estudio, pero donde lastimosamente no se cuenta a excepción de los años en los que El Niño causó fuertes pérdidas económicas, con evaluaciones



de costo en pérdidas a causa de los desastres. En promedio durante los eventos de El Niño y La Niña entre los años 2006-2008, los daños económicos en la infraestructura de Santa Cruz representaron el 0,52% del PIB nacional, y se efectúa el supuesto fuerte de que en una situación “habitual” de desastres naturales (inundaciones), el PIB se verá afectado en la mitad del valor observado en los eventos de El Niño y La Niña, es decir en 0,26% cada año.

Tabla No. 9: Estimación del % del PIB Nacional Afectado en Infraestructura Pública
Precipitaciones Escenario A2 – Beni

Escenario A2			
Período	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado
2071	7,4	-	0,49%
2072	9,4	666,6	0,95%
2073	9,3	660,4	0,94%
2074	10,0	709,5	1,03%
2075	9,1	646,5	0,92%
2076	9,5	673,7	0,97%
2077	8,5	606,4	0,85%
2078	9,5	675,2	0,97%
2079	7,7	-	0,49%
2080	9,4	672,2	0,96%
2081	8,8	625,2	0,88%
2082	9,9	701,8	1,02%
2083	9,0	640,0	0,91%
2084	9,1	649,4	0,93%
2085	8,8	624,3	0,88%
2086	9,7	689,4	0,99%
2087	8,2	-	0,49%
2088	8,2	-	0,49%
2089	9,0	641,2	0,91%
2090	9,0	638,6	0,91%
2091	9,7	691,7	1,00%
2092	8,6	610,8	0,86%
2093	9,7	692,4	1,00%
2094	8,2	-	0,49%
2095	9,9	704,9	1,02%
2096	9,8	694,7	1,00%
2097	9,1	649,2	0,93%
2098	8,9	635,1	0,90%



2099	10,1	720,4	1,05%
2100	9,3	664,4	0,95%

En promedio durante los eventos de El Niño y La Niña entre los años 2006-2008, los daños económicos en la infraestructura de Beni representaron el 0,98% del PIB nacional, y se efectúa el mismo supuesto de que en una situación “habitual” de desastres naturales (inundaciones), el PIB se verá afectado en la mitad del valor observado en los eventos de El Niño y La Niña, es decir en 0,49% cada año tal como se observa en la tabla 9.

Estos porcentajes estimados de PIB afectado por pérdidas en la infraestructura, son aplicados a la serie de datos estimados del PIB nacional entre los años 2071 y 2100. Acá se procede de la siguiente manera: si una precipitación de X mm/día podría haber afectado en un Z% al PIB nacional entre los años 2006-2008, esta precipitación X que se verificará efectivamente el año 2075 por ejemplo (de acuerdo a PRECIS), ocasionará un daño al PIB ese año de Z%.

La tabla siguiente muestra la estimación del daño en millones de dólares, por efectos del cambio climático (a través de fuertes precipitaciones e inundaciones) en el escenario A2. Se han trabajado las estimaciones con los datos de Santa Cruz y Beni, asumiendo que ambos departamentos representarán el 65% de los daños agropecuarios y que un 35% de daños se materializarán en otros departamentos del país¹⁰.

La estimación del daño en millones de dólares, por efectos del cambio climático (a través de fuertes precipitaciones e inundaciones) en el escenario A2, indica que los daños en la infraestructura pública desde el año 2071 y hasta el año 2100, tendrán un costo económico de 93 mil millones de dólares.

¹⁰ En función a lo observado en las experiencias de El Niño y La Niña.



**Tabla No. 10: Daño en Infraestructura Pública en Bolivia por Cambio Climático
Escenario A2 (millones de US\$ de 2007)**

Santa Cruz-Beni A2		Bolivia A2
Año	daño en millones de US\$ de 2007	daño en millones de US\$ de 2007
2071	666	1.024
2072	1.512	2.326
2073	1.509	2.321
2074	1.829	2.813
2075	1.361	2.093
2076	1.613	2.482
2077	1.174	1.806
2078	1.892	2.911
2079	837	1.287
2080	1.666	2.562
2081	1.751	2.694
2082	2.145	3.300
2083	1.763	2.713
2084	1.845	2.839
2085	2.014	3.099
2086	2.407	3.703
2087	1.054	1.621
2088	1.253	1.928
2089	2.327	3.580
2090	2.273	3.497
2091	2.589	3.983
2092	2.204	3.391
2093	3.013	4.635
2094	1.832	2.818
2095	3.362	5.173
2096	2.816	4.333
2097	2.230	3.431
2098	2.708	4.166
2099	4.056	6.240
2100	2.998	4.613
		93.380

Las proyecciones del escenario B2 se presentan en anexo.



5. Relación Cambio Climático-Daños en la Producción Agropecuaria

En Beni, las inundaciones de El Niño causaron un daño de magnitud en la ganadería. El informe de CEPAL (2007) señala que la superficie afectada por la inundación fue estimada por la Federación de Ganaderos del Beni (FEGABENI) en 8 millones hectáreas, significando una anegación del 70% de las tierras de pastoreo de ganado. La FEGABENI estimó en 2,2 millones las cabezas que fueron afectadas, lo que representó el 74% del total de ganado del departamento. El 6% del total de ganado del Beni habría muerto a causa de las inundaciones. Estos eventos dieron además como resultado pérdida en la producción de carne.

En el departamento de Santa Cruz no se reportaron muertes de animales, pero las reses disminuyeron su peso ocasionando pérdidas en la producción de carne. También se evidenciaron pérdidas en producción de leche y en la industria avícola.

110 mil hectáreas de cultivo de soya en Santa Cruz se perdieron por las inundaciones, 40 mil hectáreas de cultivos de arroz en Beni y Santa Cruz, y 35 mil hectáreas se perdieron en otros cultivos: maíz, quinua, papa, cebada, trigo, banano, plátano, cebolla, haba, yuca, alfalfa, arveja y fréjol.

Los impactos se dieron a través de pérdidas de cultivos y disminución de los rendimientos, muertes de animales y anegamientos de pastos. En las zonas agrícolas de Santa Cruz las lluvias superaron los promedios históricos, y se dificultó el acceso a cultivos de importancia económica en el departamento: oleaginosas, arroz y maíz. Las fuertes lluvias del Beni impidieron que baje el nivel de las aguas inundando las llanuras de pastoreo.

Siguiendo con el informe de CEPAL (2007), las pérdidas estimadas (en volúmenes) con La Niña fueron mayores que con El Niño en yuca, alfalfa, maíz, quinua, trigo, fréjol, haba, cebada grano y cebada berza, mientras que las pérdidas en volumen fueron mayores durante el Niño que la Niña en la producción de arroz, banano, arveja y soya. En valor las pérdidas estimadas por efecto de la Niña habrían sido 2,4 veces mayores que las causadas por el Niño.

En la ganadería el año 2008 se evidenció menor cantidad de muertes de ganado vacuno y equino que durante el año 2007. Las pérdidas en la producción de carne y de leche no son muy diferentes entre los dos eventos, y destaca el hecho que la pérdida estimada en pastos cultivados fue más grande en La Niña debido a que el río Grande inundó 60 mil hectáreas en Santa Cruz, frente a las 3 mil hectáreas inundadas durante El Niño.

Los daños sobre pérdidas totales estimadas por CEPAL para el sector agropecuario, se muestran en la tabla siguiente desagregados por departamento. Se observa que los departamentos de Santa Cruz y el Beni representaron el 85% de las pérdidas totales estimadas durante el evento de El Niño, porcentaje muy cercano al producido en La Niña (87%).



Las inundaciones devastadoras en el oriente del país, causadas por El Niño y La Niña, dejaron pérdidas económicas por 410 millones de dólares en la ganadería y la agricultura.

Tabla No. 11: Daños Agropecuarios El Niño-La Niña

Departamento	Niño		Niña	
	Millones de US\$	%	Millones de US\$	%
Chuquisaca	1,3	1,0%	88	3,2%
La Paz	8,2	6,1%	7,5	2,7%
Cochabamba	2,7	2,0%	12,4	4,5%
Oruro	1,3	1,0%	3,9	1,4%
Potosí	2,4	1,8%	8,0	2,9%
Tarija	1,1	0,8%	1,7	0,6%
Santa Cruz	73,2	55,0%	151,0	54,6%
El Beni	42,7	32,1%	83,2	30,1%
Pando	0	0,0%	0	0,0%
Total	133,1		276,5	

Fuente: Evaluación del Impacto de El Niño y La Niña. CEPAL 2007 y CEPAL 2008

La tabla 12 muestra la información sobre precipitación diaria promedio y el daño agropecuario por kilómetro cuadrado en el departamento de Santa Cruz. La información de precipitación se refiere como ya se ha mencionado, al promedio en las lluvias para los meses de noviembre 2006 a abril de 2007 (El Niño) y noviembre 2007 a abril de 2008 (La Niña).

Durante el fenómeno de El Niño, la precipitación diaria promedio fue de 4,8 mm/día, mientras que durante La Niña, la precipitación fue de 6,2 mm/día. Durante La Niña la precipitación fue 31% superior al promedio de los datos normales de 4,5, lo que explica que los daños agropecuarios duplicaron los causados por El Niño.

El daño por kilómetro cuadrado en noviembre-06/abril-07 fue de 198 US\$/km².

El daño por kilómetro cuadrado en noviembre-07/abril-08 fue de 407 US\$/km².

Tabla No. 12: Precipitación Día y Daño en Producción Agropecuaria por Km² Santa Cruz

	Precipitación (mm/día)	Daños en millones US\$	Daños en US\$ por Km ²
Con El Niño	4,8	73,2	198
Con La Niña	6,2	151,0	407
Normal	4,5		

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 13 muestra la información sobre precipitación diaria promedio y el daño agropecuario por kilómetro cuadrado en el departamento del Beni. Durante el fenómeno de El Niño, la precipitación diaria promedio fue de 8,4 mm/día, mientras que durante La Niña, la precipitación



fue de 8,9 mm/día. Durante La Niña la precipitación fue 20% superior al promedio de los datos normales de 7,4, lo que ayuda a explicar el que los daños agropecuarios duplicaran los causados por El Niño.

El daño por kilómetro cuadrado en noviembre-06/abril-07 fue de 200 US\$/km².

El daño por kilómetro cuadrado en noviembre-07/abril-08 fue de 390 US\$/km².

Tabla No. 13: Precipitación Día y Daño en Producción Agropecuaria por Km² Beni

	Precipitación (mm/día)	Daños en millones US\$	Daños en US\$ por Km ²
Con El Niño	8,4	42,7	200
Con La Niña	8,9	83,2	390
Normal	7,4		

Fuente: Elaboración Propia

Durante La Niña una precipitación promedio de 8,9 mm/día ocasionó un daño agropecuario de 390 US\$/Km² en el Beni, lo que significó en términos monetarios 83 millones de dólares, representando una pérdida del 0,60% sobre el PIB nacional el año 2008. El Niño con una precipitación promedio de 8,4 mm/día ocasionó un daño agropecuario de 42,7 millones de dólares, representando una pérdida del 0,33% sobre el PIB nacional el año 2007.

Para Santa Cruz y el evento de La Niña, una precipitación promedio de 6,2 mm/día ocasionó un daño agropecuario de 407 US\$/Km², lo que significó 151 millones de dólares, representando una pérdida del 1,09% sobre el PIB nacional el año 2008. El Niño con una precipitación promedio de 4,8 mm/día ocasionó un daño agropecuario de 73,2 millones de dólares, representando una pérdida del 0,56% sobre el PIB nacional el año 2007.

Conociendo los niveles de precipitación estimados para los escenarios A2 y B2, y de la misma manera en la que se precedió anteriormente en la infraestructura pública, se estiman los efectos sobre el PIB nacional, que hubieran tenido efecto bajo las precipitaciones estimadas por PRECIS. Es decir, conociendo que durante La Niña una precipitación promedio en Beni de 8,9 mm/día ocasionó un daño del 0,60% del PIB, se simula por extrapolación de datos qué porcentaje del PIB nacional se hubiera afectado si por ejemplo, la precipitación hubiera sido de 9,9 mm/día (estimación de precipitación ajustada PRECIS A2 para el período noviembre 2094-abril 2095).

Las tablas siguientes muestran estas estimaciones para el escenario A2 (B2 en anexo), para el período 2071-2100.



**Tabla No. 14: Estimación del % del PIB Afectado
en Producción Agropecuaria
Precipitaciones Escenario A2 – Santa Cruz**

Escenario A2			
Período	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado
2071	3,7	-	0,41%
2072	6,2	409,5	1,09%
2073	6,1	386,0	1,04%
2074	6,9	507,2	1,34%
2075	5,2	257,0	0,71%
2076	5,9	354,2	0,96%
2077	4,1	-	0,41%
2078	6,5	454,7	1,21%
2079	3,9	-	0,41%
2080	5,4	280,5	0,77%
2081	5,8	347,5	0,94%
2082	6,4	438,2	1,17%
2083	5,4	288,6	0,79%
2084	5,4	293,0	0,80%
2085	6,0	371,1	1,00%
2086	6,5	451,2	1,20%
2087	4,5	-	0,41%
2088	4,9	216,0	0,61%
2089	6,0	380,3	1,02%
2090	5,7	334,9	0,91%
2091	6,0	375,4	1,01%
2092	5,4	287,8	0,79%
2093	6,6	471,4	1,25%
2094	5,7	335,0	0,91%
2095	6,9	515,8	1,36%
2096	5,6	313,5	0,85%
2097	4,6	-	0,41%
2098	5,4	288,6	0,79%
2099	7,4	583,7	1,53%
2100	5,5	295,6	0,81%



Tabla No. 15: Estimación del % del PIB Afectado en Producción Agropecuaria Precipitaciones Escenario A2 – Beni

Escenario A2			
Período	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado
2071	7,4	-	0,23%
2072	9,4	601,4	0,90%
2073	9,3	564,2	0,85%
2074	10,0	857,9	1,27%
2075	9,1	480,7	0,73%
2076	9,5	643,5	0,96%
2077	8,5	240,4	0,38%
2078	9,5	652,8	0,97%
2079	7,7	-	0,23%
2080	9,4	634,8	0,95%
2081	8,8	353,2	0,54%
2082	9,9	812,1	1,20%
2083	9,0	441,6	0,67%
2084	9,1	498,4	0,75%
2085	8,8	347,5	0,54%
2086	9,7	737,5	1,09%
2087	8,2	-	0,23%
2088	8,2	-	0,23%
2089	9,0	449,0	0,68%
2090	9,0	433,2	0,66%
2091	9,7	751,2	1,11%
2092	8,6	266,7	0,42%
2093	9,7	755,5	1,12%
2094	8,2	-	0,23%
2095	9,9	830,3	1,23%
2096	9,8	769,6	1,14%
2097	9,1	496,7	0,75%
2098	8,9	412,3	0,63%
2099	10,1	923,5	1,36%
2100	9,3	588,1	0,88%



En promedio durante los eventos de El Niño y La Niña entre los años 2006-2008, los daños económicos en el sector agropecuario de Santa Cruz representaron el 0,82% del PIB nacional, y se efectúa el supuesto adoptado anteriormente de que en una situación “habitual” de desastres naturales (inundaciones), el PIB se verá afectado en la mitad del valor observado en los eventos de El Niño y La Niña, es decir en 0,41% cada año tal como se observa en la tabla 14. En el caso de Beni durante los eventos de El Niño y La Niña, los daños económicos en el sector agropecuario representaron el 0,46% del PIB nacional, por lo que el PIB se verá afectado en una situación “habitual” en 0,23% cada año (tabla 15).

Estos porcentajes estimados de PIB afectado por pérdidas agropecuarias, son aplicados a la serie de datos estimados del PIB nacional entre los años 2071 y 2100. La estimación del daño por efectos del cambio climático (escenario A2) en millones de dólares, se muestra a continuación. Se han trabajado las estimaciones con los datos de Santa Cruz y Beni, asumiendo que ambos departamentos representarán el 86% de los daños agropecuarios y que un 14% de daños se materializarán en otros departamentos del país¹¹. Desde al año 2071 y hasta el año 2100, el costo económico por pérdidas agropecuarias tendrá un valor de 82 mil millones de dólares.

Tabla No. 16: Daño en Producción Agropecuaria en Bolivia por Cambio Climático
Escenario A2 (millones de US\$ de 2007)

Santa Cruz-Beni A2		Bolivia A2
Año	daño en millones de US\$ de 2007	daño en millones de US\$ de 2007
2071	572	665
2072	1.823	2.120
2073	1.770	2.058
2074	2.524	2.935
2075	1.431	1.665
2076	1.963	2.282
2077	838	975
2078	2.368	2.753
2079	719	836
2080	1.974	2.295
2081	1.754	2.040
2082	2.883	3.353
2083	1.831	2.129
2084	2.003	2.329
2085	2.037	2.368
2086	3.134	3.644
2087	905	1.052
2088	1.214	1.412
2089	2.537	2.950
2090	2.401	2.792
2091	3.351	3.897

¹¹ En función a lo observado en las experiencias de El Niño y La Niña.



2092	1.965	2.284
2093	3.967	4.613
2094	1.962	2.281
2095	4.593	5.341
2096	3.639	4.232
2097	2.184	2.539
2098	2.747	3.194
2099	5.769	6.708
2100	3.465	4.029
		81.771

La tabla siguiente muestra la estimación del % promedio (entre 2071 y 2100) sobre el PIB departamental, de daño en el sector agropecuario. El departamento más afectado será el Beni, donde en promedio el 27,6% del PIB departamental sería afectado. En Santa Cruz el efecto promedio será de 3,2% del PIB departamental.

**Tabla No. 17: Daño Agropecuario en Bolivia por Cambio Climático
% Promedio del PIB Departamental (2071-2100)
Escenario A2**

Departamento	% del PIB Departamental
Santa Cruz	3,2%
Beni	27,6%
Oruro	0,5%
Potosí	0,9%
Cochabamba	0,4%
La Paz	0,3%
Chuquisaca	1,0%
Tarija	0,1%

Fuente: Elaboración Propia



6. Estimación de los Daños Económicos en una Situación Sin Cambio Climático

El escenario sin cambio climático es estimado para el período 2071-2100, utilizando los datos históricos de precipitación correspondientes al período 1961-1990. Es decir que se toma este período de tiempo (1961-1990) como representativo de una situación en la que no se experimentó el cambio climático, por lo que los datos históricos de precipitación esos años, también se toman como referentes de una situación sin cambio climático.

Siguiendo la misma metodología utilizada para estimar los costos económicos en infraestructura pública y en el sector agropecuario, bajo el efecto del cambio climático, se han estimado los costos económicos sin cambio climático, es decir que conociendo los niveles históricos de precipitación, ahora asumidos como referentes de precipitación sin cambio climático, se simulan los efectos sobre el PIB nacional, que hubieran tenido efecto bajo estas precipitaciones. Por ejemplo, conociendo que durante La Niña del año 2008 la precipitación promedio de 6,2 mm/día en Santa Cruz ocasionó un daño del 0,70% del PIB nacional, se estima acá también qué porcentaje del PIB nacional se hubiera afectado si por ejemplo, la precipitación en Santa Cruz hubiera sido de 2,7 mm/día (dato histórico de precipitación del año 1962, que se toma como valor del año 2072 sin cambio climático).

La tabla 18 muestra la información para el sector de infraestructura pública para los departamentos de Santa Cruz y Beni. Se muestra la precipitación histórica (referente para el escenario sin cambio climático), el daño estimado por kilómetro cuadrado y la estimación del daño afectado como porcentaje del PIB nacional.

Las casillas sombreadas muestran los años en los que las lluvias no superan el umbral de precipitación. En estos casos para estimar el porcentaje del PIB afectado, también se supone que se trata de una situación “habitual” de desastres naturales, y el PIB se afecta en la mitad del valor observado en los eventos de El Niño y La Niña, es decir en 0,26% cada año para Santa Cruz y en 0,49% cada año en Beni.

La tabla 19 muestra la información para el sector agropecuario para los departamentos de Santa Cruz y Beni. Se muestra al igual que la tabla precedente, la precipitación histórica (referente para el escenario sin cambio climático), el daño estimado por kilómetro cuadrado en el departamento y la estimación del daño afectado como porcentaje del PIB nacional.

Para estimar el porcentaje del PIB afectado los años en los que las lluvias no superan el umbral de precipitación, también se supone que se trata de una situación “habitual” de desastres naturales, y el PIB se afecta por los siguientes valores: 0,41% cada año cuando corresponde en Santa Cruz y 0,23% cada año en Beni.



**Tabla No. 18: Estimación del % del PIB Afectado
en Infraestructura Pública
Escenario Sin Cambio Climático – Santa Cruz y Beni**

Período	Santa Cruz Escenario Sin Cambio Climático			Beni Escenario Sin Cambio Climático		
	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado
2071	4,3	-	0,26%	6,4	-	0,49%
2072	2,7	-	0,26%	7,2	-	0,49%
2073	4,2	-	0,26%	6,7	-	0,49%
2074	3,9	-	0,26%	7,0	-	0,49%
2075	3,4	-	0,26%	7,0	-	0,49%
2076	3,6	-	0,26%	7,1	-	0,49%
2077	3,3	-	0,26%	6,4	-	0,49%
2078	4,0	-	0,26%	6,5	-	0,49%
2079	3,4	-	0,26%	6,3	-	0,49%
2080	3,4	-	0,26%	6,8	-	0,49%
2081	3,5	-	0,26%	6,6	-	0,49%
2082	3,3	-	0,26%	7,3	-	0,49%
2083	3,2	-	0,26%	8,0	-	0,49%
2084	4,7	-	0,26%	8,7	618,4	0,87%
2085	3,6	-	0,26%	7,3	-	0,49%
2086	3,8	-	0,26%	9,2	652,5	0,93%
2087	4,2	-	0,26%	8,2	-	0,49%
2088	4,3	-	0,26%	8,4	-	0,49%
2089	5,9	233,8	0,63%	8,3	-	0,49%
2090	4,1	-	0,26%	8,8	626,2	0,89%
2091	4,5	-	0,26%	8,7	623,3	0,88%
2092	7,3	369,3	0,97%	10,4	737,9	1,08%
2093	5,9	228,1	0,61%	8,2	-	0,49%
2094	5,2	156,6	0,43%	9,3	664,9	0,95%
2095	6,0	236,7	0,63%	8,4	-	0,49%
2096	4,7	-	0,26%	7,9	-	0,49%
2097	5,2	160,2	0,44%	7,2	-	0,49%
2098	5,9	229,4	0,62%	9,2	654,6	0,93%
2099	5,2	158,4	0,44%	7,8	-	0,49%
2100	4,1	-	0,26%	7,5	-	0,49%



**Tabla No. 19: Estimación del % del PIB Afectado en Producción Agropecuaria
Escenario Sin Cambio Climático – Santa Cruz y Beni**

Período	Santa Cruz Escenario Sin Cambio Climático			Beni Escenario Sin Cambio Climático		
	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado
2071	4,3	-	0,41%	6,4	-	0,23%
2072	2,7	-	0,41%	7,2	-	0,23%
2073	4,2	-	0,41%	6,7	-	0,23%
2074	3,9	-	0,41%	7,0	-	0,23%
2075	3,4	-	0,41%	7,0	-	0,23%
2076	3,6	-	0,41%	7,1	-	0,23%
2077	3,3	-	0,41%	6,4	-	0,23%
2078	4,0	-	0,41%	6,5	-	0,23%
2079	3,4	-	0,41%	6,3	-	0,23%
2080	3,4	-	0,41%	6,8	-	0,23%
2081	3,5	-	0,41%	6,6	-	0,23%
2082	3,3	-	0,41%	7,3	-	0,23%
2083	3,2	-	0,41%	8,0	-	0,23%
2084	4,7	-	0,41%	8,7	312,1	0,49%
2085	3,6	-	0,41%	7,3	-	0,23%
2086	3,8	-	0,41%	9,2	516,4	0,78%
2087	4,2	-	0,41%	8,2	-	0,23%
2088	4,3	-	0,41%	8,4	-	0,23%
2089	5,9	366,3	0,99%	8,3	-	0,23%
2090	4,1	-	0,41%	8,8	359,0	0,55%
2091	4,5	-	0,41%	8,7	341,5	0,53%
2092	7,3	571,9	1,50%	10,4	1028,3	1,51%
2093	5,9	357,6	0,96%	8,2	-	0,23%
2094	5,2	249,2	0,69%	9,3	590,7	0,88%
2095	6,0	370,7	1,00%	8,4	-	0,23%
2096	4,7	-	0,41%	7,9	-	0,23%
2097	5,2	254,7	0,70%	7,2	-	0,23%
2098	5,9	359,5	0,97%	9,2	529,3	0,80%
2099	5,2	251,8	0,70%	7,8	-	0,23%
2100	4,1	-	0,41%	7,5	-	0,23%



Los porcentajes estimados de PIB afectado por pérdidas en la infraestructura y en el sector agropecuario, son también aplicados a la serie de datos estimados del PIB nacional entre los años 2071 y 2100, para obtener los valores de daño sin cambio climático que se observan en la tabla 20.

Los resultados finales de la tabla 20 indican que en una situación con cambio climático A2, en el sector de infraestructura el daño promedio entre 2071 y 2100 será de 3.113 millones de dólares al año, mientras que en una situación sin cambio climático el daño promedio anual estimado es de 2.093 millones de dólares. La diferencia anual promedio entre los valores de la situación con cambio climático y sin cambio climático es de 1.019 millones de dólares, es decir que en promedio cada año entre 2071 y 2100 el costo incremental por efecto del cambio climático en el sector de infraestructura será de 1.019 millones de dólares.

En el sector agropecuario en la situación con cambio climático A2, el daño promedio entre 2071 y 2100 será de 2.726 millones de dólares al año, mientras que en la situación sin cambio climático el daño promedio anual estimado es de 1.568 millones de dólares. Acá la diferencia anual promedio entre los valores de la situación con cambio climático y sin cambio climático es de 1.158 millones de dólares, es decir que entre 2071 y 2100 el costo incremental promedio anual por efecto del cambio climático en el sector agropecuario será de 1.158 millones de dólares.



Tabla No. 20:
Costo Incremental Bolivia por Efecto del Cambio Climático Escenario A2
en el Sector de Infraestructura Pública y en el Sector Agropecuario
(millones de US\$ de 2007)

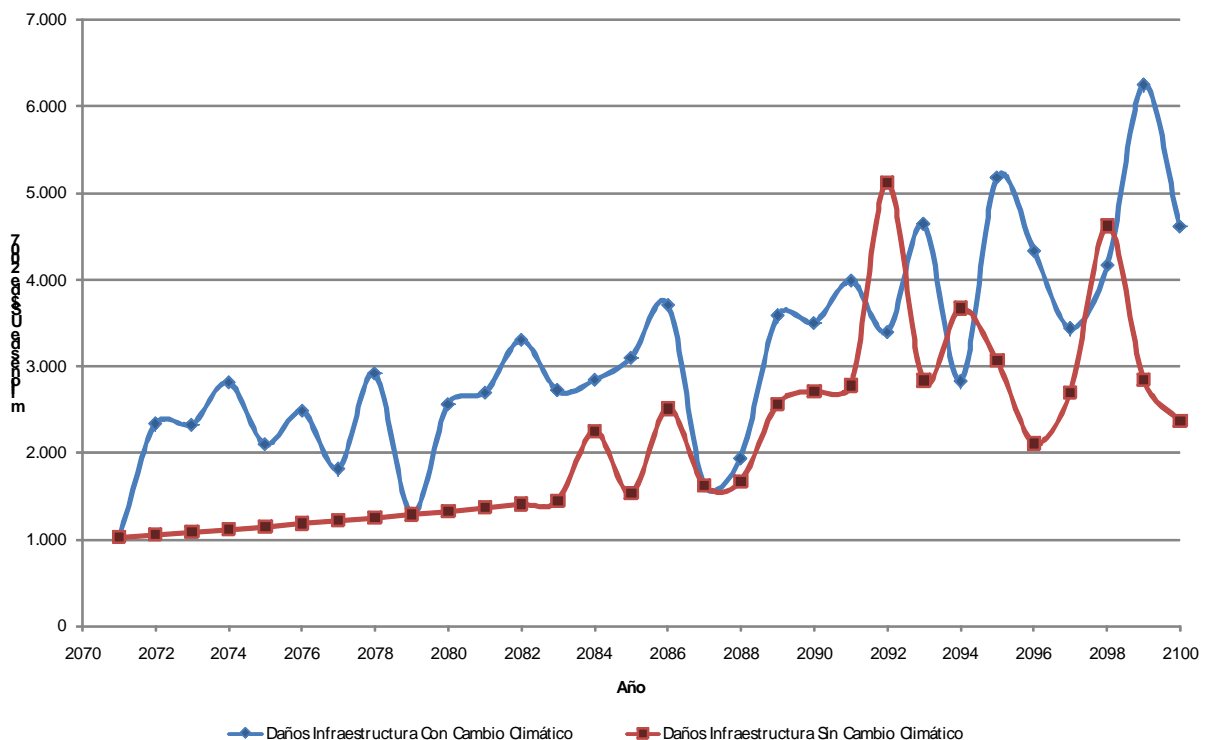
Año	daño en millones de US\$ de 2007			daño en millones de US\$ de 2007		
	Sector Infraestructura			Sector Agropecuario		
	Con Cambio Climático	Sin Cambio Climático	Diferencia (Costo Incremental)	Con Cambio Climático	Sin Cambio Climático	Diferencia (Costo Incremental)
2071	1.024	1.024	0	665	665	0
2072	2.326	1.054	1.272	2.120	684	1.436
2073	2.321	1.084	1.237	2.058	704	1.354
2074	2.813	1.116	1.697	2.935	724	2.210
2075	2.093	1.148	945	1.665	745	919
2076	2.482	1.181	1.300	2.282	767	1.515
2077	1.806	1.216	590	975	789	185
2078	2.911	1.251	1.660	2.753	812	1.941
2079	1.287	1.287	0	836	836	0
2080	2.562	1.325	1.237	2.295	860	1.435
2081	2.694	1.364	1.330	2.040	885	1.155
2082	3.300	1.403	1.896	3.353	911	2.441
2083	2.713	1.444	1.269	2.129	938	1.191
2084	2.839	2.249	590	2.329	1.346	984
2085	3.099	1.530	1.569	2.368	993	1.375
2086	3.703	2.505	1.198	3.644	1.890	1.754
2087	1.621	1.621	0	1.052	1.052	0
2088	1.928	1.668	259	1.412	1.083	329
2089	3.580	2.557	1.023	2.950	2.110	840
2090	3.497	2.706	791	2.792	1.720	1.072
2091	3.983	2.773	1.210	3.897	1.725	2.172
2092	3.391	5.114	-1.723	2.284	5.697	-3.412
2093	4.635	2.834	1.801	4.613	2.326	2.287
2094	2.818	3.669	-851	2.281	3.155	-873
2095	5.173	3.063	2.109	5.341	2.534	2.807
2096	4.333	2.105	2.228	4.232	1.367	2.865
2097	3.431	2.690	741	2.539	2.047	492
2098	4.166	4.617	-451	3.194	3.973	-780
2099	6.240	2.837	3.403	6.708	2.154	4.554



2100	4.613	2.366	2.247	4.029	1.536	2.493
Promedio:	3.113	2.093	1.019	2.726	1.568	1.158

En el Gráfico 6 se muestran las proyecciones del costo económico que las precipitaciones ocasionarían en la infraestructura pública. Se presenta la evolución del costo con cambio climático del período 2071-2100 (Bolivia A2 en la tabla 10), junto con la evolución del costo sin cambio climático del mismo período (estimado en la tabla 20).

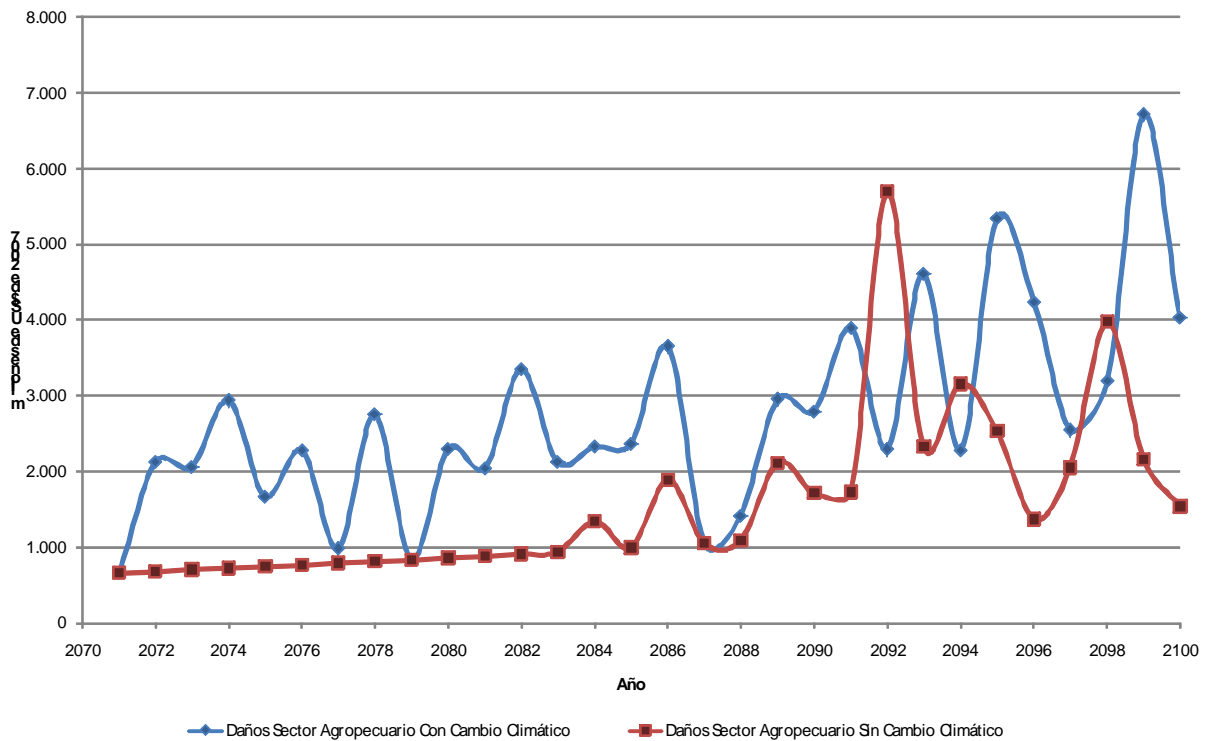
Gráfico No. 6: Proyecciones del Costo Económico en Infraestructura Pública Con Cambio Climático-Escenario A2 y Sin Cambio Climático (millones de US\$ de 2007)



En el Gráfico 7 se muestran las proyecciones del costo económico que las precipitaciones ocasionarían en la producción agropecuaria. Se presenta la evolución del costo con cambio climático del período 2071-2100 (Bolivia A2 en la tabla 16), junto con la evolución del costo sin cambio climático del mismo período (estimado en la tabla 20).



Gráfico No. 7: Proyecciones del Costo Económico en Sector Agropecuario Con Cambio Climático-Escenario A2 y Sin Cambio Climático (millones de US\$ de 2007)



7. Conclusiones y Recomendaciones

En este estudio se ha mostrado que los cambios climáticos previstos por el modelo PRECIS hacia el año 2100 podrían tener impactos fuertes sobre la infraestructura pública y sobre la producción agropecuaria en Bolivia. Principalmente en la zona amazónica donde se prevé un aumento en las precipitaciones sugerido por el modelo PRECIS.

La frecuencia y magnitud de los fenómenos naturales extremos, presentados como inundaciones, pueden aumentar en el futuro debido al cambio climático, implicando que la vulnerabilidad hacia las inundaciones en Bolivia también puede aumentar en las amplias regiones vulnerables. Se espera que el cambio climático se manifieste a través de lluvias torrenciales más fuertes, las que ocasionarán inundaciones más frecuentes y dañinas.



Las pérdidas económicas por las inundaciones pueden ser de tal magnitud, como se ha visto en las experiencias recientes (2006-2008), que retrasen considerablemente los esfuerzos de los gobiernos para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. Estos desastres y pérdidas tienen consecuencias negativas sobre el bienestar de las personas, sobre las economías regionales y nacionales, y sobre aspectos sociales y hasta políticos.

El cambio climático amenaza entonces con incrementar la pérdida directa de la infraestructura pública y la afectación de la seguridad alimentaria, a través de la pérdida de producción agropecuaria.

La estimación del daño en millones de dólares, por efectos del cambio climático (a través de fuertes precipitaciones e inundaciones) en el escenario A2, indica que los daños en la infraestructura pública desde al año 2071 y hasta el año 2100, tendrán un costo económico de 93 mil millones de dólares, representando un promedio anual de 3.113 millones de dólares. La diferencia anual promedio entre los valores de la situación con cambio climático y la estimación sin cambio climático es de 1.019 millones de dólares, es decir que en promedio cada año entre 2071 y 2100 el costo incremental por efecto del cambio climático en el sector de infraestructura pública será de 1.019 millones de dólares.

Desde al año 2071 y hasta el año 2100, el costo económico por pérdidas agropecuarias tendrá un valor de 82 mil millones de dólares, representando un promedio anual de 2.726 millones de dólares. Acá la diferencia anual promedio entre los valores de la situación con cambio climático y sin cambio climático es de 1.158 millones de dólares, es decir que entre 2071 y 2100 el costo incremental promedio anual por efecto del cambio climático en el sector agropecuario será de 1.158 millones de dólares.

Es evidente que las investigaciones futuras deben profundizar en el conocimiento de los impactos del cambio climático en el país. La cuantificación de los daños económicos es vital para planificar la demanda de recursos que se enfrentaría en tareas de reconstrucción y rehabilitación. Es muy importante crear mecanismos de evaluación económica de los daños, no solamente en situaciones de grandes desastres, sino en los eventos “habituales” de origen natural que enfrenta constantemente el país. Se podría mejorar la capacidad de un país como Bolivia para absorber de mejor manera el costo del cambio climático ocasionado por inundaciones, fomentando el análisis de los efectos económicos y sociales de estos eventos.

Los costos de adaptación podrían ser mucho menores a los costos de la inacción ante un desastre. Esta adaptación debería ser visualizada como la profundización de buenas prácticas en las políticas de desarrollo y la reducción de la vulnerabilidad de los más pobres. Algunas medidas pueden ser:

- Generar información climatológica oportuna y de alta calidad
- Generar información económica y social de los eventos naturales habituales que afectan de forma negativa.



- Planificar el uso del suelo, y diversificar la producción agrícola en las regiones vulnerables.
- La inversión en nueva infraestructura debe incorporar una adecuada ingeniería para enfrentar eventos extremos como lluvias torrenciales.
- Mejorar la planificación territorial urbana.
- Generar seguros en los sectores agrícola y pecuario.
- Generar fondos de contingencia a nivel del gobierno central, de los gobiernos prefecturales y de los municipales.
- Profundizar el estudio y la aplicación de la ingeniería hidráulica y de tierras de las culturas pre-colombinas del Amazonas. Por ejemplo el uso de los camellones.

La adaptación para enfrentar los impactos del cambio climático es fundamental para el futuro. La capacidad de planificación y adaptación no debe aparecer solamente cuando se presenta un desastre, por lo que es necesario fortalecer (sino es crear) la capacidad de adaptación en el país.



Referencias

- Allan, R.P. & Soden, B.J. (2008) "Atmospheric Warming and the Amplification of Precipitation Extremes" *Science*, 321, 1481-1484.
- Andersen, L.E. (2009) "Cambios Climáticos en Bolivia: Impactos sobre Bosques y Biodiversidad." Documento de Trabajo sobre el Desarrollo No. 1/2009. Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo, La Paz, Bolivia, Diciembre.
- Andrade, M. (2010) "Análisis del clima futuro utilizando el Modelo Regional PRECIS." Documento de trabajo 01-2010, Laboratorio de Física de la Atmosfera, Instituto de Investigaciones Físicas, UMSA, Enero.
- Bolivia (2004) **La Gestión del Riesgo en Bolivia**. Ministerio de Defensa Nacional. Bolivia, 2004.
- Bolivia (2008) **Plan Nacional de Rehabilitación y Reconstrucción 2008-2010**. Ministerio de Planificación del Desarrollo. Bolivia, 2004.
- Cabrera, O. (2008) "El Impacto de los Desastres Naturales en el Crecimiento Económico" *Tópicos Económicos*, Año I No. 18, Banco Central de Reserva de El Salvador.
- Cardona, O. (2001) "El Impacto Económico de los Desastres: Esfuerzos de Medición Existentes y Propuesta Alternativa" Secretariado Técnico de la Presidencia y Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Santo Domingo, República Dominicana.
- Cavallo, E. & Noy, I. (2009) "The Economics of Natural Disasters A Survey" IDB working paper series; 124, Department of Research and Chief Economist.
- CEPAL (2007) **Alteraciones Climáticas en Bolivia: Impactos Observados en el Primer Trimestre de 2007**.
- CEPAL (2008) **Evaluación del Impacto Acumulado y Adicional Ocasionado por La Niña en 2008 en Bolivia**.
- Freeman, P.K. (1999) "Infrastructure, Natural Disasters, and Poverty" International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.
- Freeman, P.K. & Warner, K. (2001) "Vulnerability of Infrastructure to Climate Variability: How Does This Affect Infrastructure Lending Policies?" Report Commissioned by the Disaster Management Facility of The World Bank and the ProVention Consortium, Washington.
- Hallegatte, S., J.-C. Hourcade and P. Dumas (2007) "Why Economic Dynamics Matter in Assessing Climate Change Damages: Illustration on Extreme Events." *Ecological Economics* 62(2), 330-340.
- Instituto Nacional de Estadísticas INE (2009) **Estadísticas del Medio Ambiente 1998-2007**. Bolivia, 2009.
- Jemio, L.C. & L.E. Andersen (2009) "La Economía Boliviana en el Siglo XXI: Un escenario base elaborado con la ayuda de un Modelo de Equilibrio General Computable (BOLIXXI)." Documento de Trabajo sobre el Desarrollo No. 10/2009. Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo, La Paz, Bolivia, Diciembre.
- Jovel J.R. (1989) "Economic and Social Consequences of Natural Disasters in Latin America and The Caribbean" CEPAL, Santiago, Chile.



- Kemfert, C. (2005) “The Economic Costs of Climate Change” German Institute for Economic Research (DIW Berlin), Weekly Report N° 2/2005.
- MacDonald, G.J. (1999) “Climate and Catastrophic Weather Events” International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.
- Noy, I. (2007) “The Macroeconomic Consequences of Disasters” SCCIE working paper 07-15, Santa Cruz Center for International Economics, University of Hawaii, Manoa.
- Oxfam Internacional – NCCR – FUNDEPCO (2008) **Atlas de Amenazas, Vulnerabilidades y Riesgos de Bolivia**. Bolivia, 2008.
- Oxfam Internacional (2009) **Bolivia. Cambio Climático, Pobreza y Adaptación**. Bolivia, 2009.
- Popp, A. (2006) “The Effects of Natural Disasters on Long Run Growth” Major Themes in Economics.
- ScienceDaily (Aug. 8, 2008) “Climate Change: When It Rains It Really Pours”.



Anexo

Estimación del % del PIB Afectado en Infraestructura Pública Precipitaciones Escenario B2 – Santa Cruz y Beni

Período	Santa Cruz			Beni		
	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado
2071	4,3	-	0,26%	7,8	-	0,49%
2072	3,5	-	0,26%	7,5	-	0,49%
2073	5,2	159,5	0,44%	8,9	634,2	0,90%
2074	4,4	-	0,26%	8,6	613,6	0,86%
2075	6,1	252,2	0,67%	9,2	653,3	0,93%
2076	5,9	233,4	0,63%	8,2	-	0,49%
2077	3,8	-	0,26%	7,9	-	0,49%
2078	4,2	-	0,26%	7,9	-	0,49%
2079	3,9	-	0,26%	7,8	-	0,49%
2080	5,4	179,7	0,49%	9,3	663,3	0,95%
2081	6,0	245,1	0,66%	9,9	706,3	1,02%
2082	4,5	-	0,26%	7,8	-	0,49%
2083	5,2	163,7	0,45%	8,2	-	0,49%
2084	6,1	247,9	0,66%	8,8	626,0	0,89%
2085	4,3	-	0,26%	8,4	-	0,49%
2086	4,8	124,4	0,35%	8,8	624,2	0,88%
2087	3,9	-	0,26%	7,8	-	0,49%
2088	6,9	334,0	0,88%	10,2	725,4	1,06%
2089	4,5	-	0,26%	8,6	609,4	0,86%
2090	5,4	182,0	0,50%	8,8	628,8	0,89%
2091	5,7	209,0	0,56%	9,1	646,9	0,92%
2092	5,2	165,7	0,46%	8,7	623,1	0,88%
2093	5,2	157,8	0,44%	9,4	672,9	0,97%
2094	4,6	-	0,26%	7,7	-	0,49%
2095	6,1	254,3	0,68%	9,5	674,5	0,97%
2096	4,6	-	0,26%	8,5	608,0	0,85%
2097	4,5	-	0,26%	8,3	-	0,49%
2098	2,9	-	0,26%	7,6	-	0,49%
2099	5,4	180,0	0,49%	9,4	668,4	0,96%
2100	5,5	194,8	0,53%	8,8	627,4	0,89%



**Estimación del % del PIB Afectado
en Producción Agropecuaria
Precipitaciones Escenario B2 – Santa Cruz y Beni**

Período	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado	Precipitación mm/día	Daño en US\$ por Km ² estimado	% del PIB afectado estimado
2071	4,3	-	0,41%	7,8	-	0,23%
2072	3,5	-	0,41%	7,5	-	0,23%
2073	5,2	253,6	0,70%	8,9	407,0	0,62%
2074	4,4	-	0,41%	8,6	283,4	0,44%
2075	6,1	394,1	1,06%	9,2	521,7	0,79%
2076	5,9	365,7	0,98%	8,2	-	0,23%
2077	3,8	-	0,41%	7,9	-	0,23%
2078	4,2	-	0,41%	7,9	-	0,23%
2079	3,9	-	0,41%	7,8	-	0,23%
2080	5,4	284,2	0,78%	9,3	581,6	0,87%
2081	6,0	383,3	1,03%	9,9	839,0	1,24%
2082	4,5	-	0,41%	7,8	-	0,23%
2083	5,2	259,9	0,72%	8,2	-	0,23%
2084	6,1	387,7	1,04%	8,8	358,2	0,55%
2085	4,3	-	0,41%	8,4	-	0,23%
2086	4,8	200,3	0,57%	8,8	347,0	0,54%
2087	3,9	-	0,41%	7,8	-	0,23%
2088	6,9	518,3	1,37%	10,2	953,6	1,40%
2089	4,5	-	0,41%	8,6	258,8	0,41%
2090	5,4	287,7	0,79%	8,8	374,7	0,58%
2091	5,7	328,7	0,89%	9,1	483,1	0,73%
2092	5,2	263,0	0,73%	8,7	340,4	0,53%
2093	5,2	251,0	0,70%	9,4	638,9	0,95%
2094	4,6	-	0,41%	7,7	-	0,23%
2095	6,1	397,3	1,06%	9,5	648,3	0,97%
2096	4,6	-	0,41%	8,5	250,0	0,40%
2097	4,5	-	0,41%	8,3	-	0,23%
2098	2,9	-	0,41%	7,6	-	0,23%
2099	5,4	284,6	0,78%	9,4	611,7	0,91%
2100	5,5	307,2	0,84%	8,8	366,3	0,56%



**Daño en Infraestructura Pública y Sector Agropecuario en Bolivia por Cambio Climático
Escenario B2 (millones de US\$ de 2007)**

Sector Infraestructura			Sector Agropecuario		
Santa Cruz-Beni B2		Bolivia B2	Santa Cruz-Beni B2		Bolivia B2
Año	daño en millones de US\$ de 2007	daño en millones de US\$ de 2007	Año	daño en millones de US\$ de 2007	daño en millones de US\$ de 2007
2071	666	1.024	2071	572	665
2072	685	1.054	2072	588	684
2073	1.260	1.938	2073	1.245	1.447
2074	1.089	1.675	2074	829	964
2075	1.599	2.460	2075	1.834	2.133
2076	1.142	1.757	2076	1.246	1.449
2077	790	1.216	2077	679	789
2078	813	1.251	2078	699	812
2079	837	1.287	2079	719	836
2080	1.655	2.547	2080	1.897	2.206
2081	1.985	3.054	2081	2.683	3.120
2082	912	1.403	2082	784	911
2083	1.176	1.809	2083	1.190	1.384
2084	1.997	3.072	2084	2.052	2.386
2085	995	1.530	2085	854	993
2086	1.685	2.593	2086	1.507	1.752
2087	1.054	1.621	2087	905	1.052
2088	2.801	4.309	2088	4.013	4.666
2089	1.666	2.563	2089	1.223	1.423
2090	2.127	3.272	2090	2.091	2.431
2091	2.346	3.609	2091	2.560	2.977
2092	2.171	3.341	2092	2.034	2.366
2093	2.345	3.607	2093	2.759	3.208
2094	1.291	1.986	2094	1.109	1.289
2095	2.921	4.494	2095	3.602	4.188
2096	2.037	3.134	2096	1.477	1.717
2097	1.409	2.167	2097	1.210	1.407
2098	1.450	2.231	2098	1.246	1.449



Cambio Climático: Costos y Oportunidades para Bolivia

2099	2.889	4.444	2099	3.377	3.927
2100	2.908	4.473	2100	2.873	3.341
74.922			57.973		

Proyecciones del Costo Económico en Sector Infraestructura y Sector Agropecuario Con Cambio Climático-Escenario B2 y Sin Cambio Climático (millones de US\$ de 2007)

Año	daño en millones de US\$ de 2007			daño en millones de US\$ de 2007		
	Sector Infraestructura			Sector Agropecuario		
	Con Cambio Climático	Sin Cambio Climático	Diferencia	Con Cambio Climático	Sin Cambio Climático	Diferencia
2071	1.024	1.024	0	665	665	0
2072	1.054	1.054	0	684	684	0
2073	1.938	1.084	854	1.447	704	743
2074	1.675	1.116	560	964	724	239
2075	2.460	1.148	1.312	2.133	745	1.387
2076	1.757	1.181	576	1.449	767	682
2077	1.216	1.216	0	789	789	0
2078	1.251	1.251	0	812	812	0
2079	1.287	1.287	0	836	836	0
2080	2.547	1.325	1.222	2.206	860	1.345
2081	3.054	1.364	1.690	3.120	885	2.235
2082	1.403	1.403	0	911	911	0
2083	1.809	1.444	365	1.384	938	446
2084	3.072	2.249	823	2.386	1.346	1.041
2085	1.530	1.530	0	993	993	0
2086	2.593	2.505	88	1.752	1.890	-138
2087	1.621	1.621	0	1.052	1.052	0
2088	4.309	1.668	2.640	4.666	1.083	3.583
2089	2.563	2.557	6	1.423	2.110	-687
2090	3.272	2.706	566	2.431	1.720	711
2091	3.609	2.773	836	2.977	1.725	1.252
2092	3.341	5.114	-1.774	2.366	5.697	-3.331
2093	3.607	2.834	773	3.208	2.326	881
2094	1.986	3.669	-1.683	1.289	3.155	-1.865
2095	4.494	3.063	1.431	4.188	2.534	1.654
2096	3.134	2.105	1.029	1.717	1.367	350
2097	2.167	2.690	-522	1.407	2.047	-640
2098	2.231	4.617	-2.385	1.449	3.973	-2.525
2099	4.444	2.837	1.607	3.927	2.154	1.773
2100	4.473	2.366	2.108	3.341	1.536	1.805
Promedio:	2.497	2.093	404	1.932	1.568	365